

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М.

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «бакалавр»

спеціальності 136 «Металургія»

**на тему: «Технологічний процес виготовлення сталевого виливка "Кронштейн
лівий" та організація роботи формувального відділення ливарного цеху»**

Виконав:

студент 3 курсу, групи ФЛ-п71

Хоменко Дмитро Ігорович

Керівник:

доцент, к.т.н., Лютий Р.В.

Консультант з Організаційної та економічної частини

к.т.н., ст. вик. Нараєвський С.В.

Консультант з Охорони праці

ст. вик. Демчук Г.В.

Консультант з Нормоконтролю

к.т.н., доц. Федоров Г.Є.

Рецензент:

ст. вик. Прилуцький М. І.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	99	
3	A1	ФЛп71.7105.1110.0001 ДП	Кронштейн лівий	1	
4	A1	ФЛп71.7105.1110.0002 ДП	Стрижневий ящик	1	
5	A1	ФЛп71.7105.1110.0003 ДП	Модельна плита	1	
6	A1	ФЛп71.7105.1110.0004 ДП	Форма в складеному вигляді	1	
7	A1	ФЛп71.7105.1110.0005 ДП	Пневматична струшувальна машина моделі 268	1	
8	A1	ФЛп71.7105.1110.0006 ДП	План відділення	1	

				ФЛп71.7105.1110.0000 ДП		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розроб.	Хоменко				1	1
Керівн.	Лютий Р.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЛВЧіКМ Гр. ФЛ-п71	
Консульт.						
Н/контр.	Федоров Г.Є,					
Зав.каф.	Ямшинський М.М.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: «Технологічний процес виготовлення сталевих виливків
"Кронштейн лівий" та організація роботи формувального відділення ливарного
цеху»

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ І КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 136 «Металургія»

Освітньо-професійна програма «бакалавр»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М.

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Хоменку Дмитру Ігоровичу

1. Тема проєкту ««Технологічний процес виготовлення сталевих виливків "Кронштейн лівий" та організація роботи формувального відділення ливарного цеху»», керівник проєкту доцент, к.т.н., Лютий Р.В., затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту _____ 10 червня 2020 _____
3. Вихідні дані до проєкту: матеріали переддипломної практики, номенклатура виливків, потужність ливарного цеху, методичні вказівки, креслення деталей.
4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз виробничої програми; Режим роботи та фонди часу; Формувальне відділення ливарного цеху; Технологія ливарної форми виливків «Кронштейн лівий»; Технологічне устаткування; Організаційний розділ; Економічний розділ; Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу: Формувально-заливально-вибивне відділення (1 аркуш); Технологія виготовлення виливків (4 аркуші); струшувальна формувальна машина (1 аркуш).

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Нараєвський С.В. ст. викл.		
Охорона праці	Демчук Г.В.		
Нормоконтроль	Федоров Г.Є.		

7. Дата видачі завдання _____ 4 квітня 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз виробничої програми	18.05–20.05.	
2	Проектування формувального відділення	21.05–25.05.	
3	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	26.05–02.06.	
4	Проектування ливарного устаткування	30.05–02.06.	
5	Організаційна частина	31.05–05.06.	
6	Економічна частина	31.05–05.06.	
7	Охорона праці	05.06–09.06.	
8	Рецензування проєкту	11.06–14.06.	
9	Захист	18.06.	

Студент

Хоменко Д.І.

Керівник

Лютий Р.В.

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 99 стор., 41 табл., 9 рис., 12 посилань.

Мета дипломного проекту – розробити технологічний процес виготовлення виливка «Кронштейн лівий» та спроектувати формувальне відділення ливарного цеху потужність 6000 тон.

Об'єкт проектування – технологічний процес виготовлення виливка з сталі 25Л «Кронштейн лівий» масою 15 кг литтям у разові об'ємні піщано-глинясті форми.

Результати проектування – розроблено технологію ливарної форми для виливка «Кронштейн лівий», а також виконано технічне планування формувального відділення та розрахунок одиниці ливарного устаткування. Проведено розрахунки організаційно-економічних чинників, та проведено аналіз для покращення праці у відділенні.

КРОНШТЕЙН ЛІВИЙ, СТРУШУВАЛЬНО-ПРЕСОВА МАШИНА, ФОРМА ЛИВАРНА, ЯЩИК СТРИЖНЕВИЙ , ПЛИТА МОДЕЛЬНА, ФОРМУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реферат		
Розроб.		Хоменко					
Перевір.		Лютий Р В					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	99

ABSTRACT

Thesis project: 99 pages, 41 tables, 9 figures, 12 links.

The purpose of the diploma project is to develop the technological process of manufacturing the casting "Bracket left" and to design the molding department of the foundry with a capacity of 6000 tons.

The object of design is a technological process of manufacturing a 25L steel casting "Left bracket" weighing 15 kg by casting in one-time three-dimensional sand-clay molds.

The results of the design - the technology of the casting mold for casting "Left bracket" was developed, as well as the technical planning of the molding department and the calculation of the unit of foundry equipment. Calculations of organizational and economic factors were made, and an analysis was performed to improve the work in the department.

LEFT BRACKET, SHAKING AND PRESSING MACHINE, FOUNDRY FORM, CORE BOX, MODEL PLATE, FORMING DEPARTMENT.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Хоменко			ABSTRACT	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лютий Р В					7	99	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ			
Н. Контр.		Федоров Г.Є,							
Затверд.									

ЗМІСТ

Вступ.....	10
1 Аналіз виробничої програми	11
1.1 Виробнича програма	11
1.2 Аналіз виробничої програми	13
2 Режим роботи та фонди часу.....	16
3 Формувальне відділення ливарного цеху	18
3.1 Проектування відділення.....	18
3.2. Будівельне проектування.....	23
4 Технологія ливарної форми вилівка «Кронштейн лівий».....	25
4.1 Розроблення технології виготовлення вилівка	25
4.1.1 Загальна характеристика литої деталі.....	25
4.1.2 Обґрунтування положення моделі у формі і положення вилівка при заливанні; вибір площини рознімання моделі й форми.....	27
4.1.3 Вибір припусків на механічне оброблення поверхонь вилівка.....	28
4.1.4 Вибір кількості і меж стрижнів.....	29
4.2 Вибір типу та розрахунок розмірів опок.....	30
4.2.1 Визначення числа виливків у формі та їх розміщення.....	30
4.2.2 Розрахунок лінійних розмірів опок.....	30
4.2.3 Характеристика обраних опок	33
4.3 Розрахунок ливникової системи	34
4.3.1 Розрахунок надливу.....	34
4.3.2 Розрахунок площ основних елементів ливникової системи.....	36
4.4 Формувальна та стиржнева суміш	39
4.4.1 Склад та властивості.....	39
4.4.2 Технологія приготування формувальної та стиржневої суміші	41
4.4.3 Методи попередження утворення пригару з боку форм та стрижнів	42
4.5 Характеристика модельного комплекту	43
4.5.1 Обґрунтування вибраного матеріалу	43
4.5.2 Склад модельного комплекту	43
4.5.3 Особливості конструкції моделей	44
4.5.4 Особливості конструкції стрижневого ящика	45
4.6 Технологія виготовлення та складання ливарної форми	45

					ФЛП71.7105.1110.0000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Хоменко							
Перевір.		Лютий Р В					8	99	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.							
Затверд.									

4.6.1	Порядок виконання операцій при формуванні, складанні, заливанні та вибиванні форм	45
4.6.2	Порядок операцій при виготовленні стрижня	47
4.6.3	Очищення та обрубка виливків	48
4.7	Техніко економічні показники	48
5	Технологічне устаткування.....	51
5.1	Розрахунок основних технологічних та конструктивних параметрів струшувальної машини.....	51
5.2	Визначення маси корисного навантаження.....	52
5.3	Визначення маси рухомих частин машини.....	53
5.4	Визначення загальної вантажопідйомності струшувального механізму...	53
5.5	Визначення сили тертя при переміщенні поршня.....	53
5.6	Визначення площі струшувального поршня.....	54
5.7	Визначення діаметру поршня.....	54
5.8	Будуємо індикаторну діаграму струшуючого механізму.....	55
5.9	Визначення площі індикаторної діаграми.....	61
5.10	Визначення питомої енергії удару.....	62
5.11	Визначення питомої енергії відображення.....	63
5.12	Визначення енергії відображення до енергії витрат.....	64
5.13	Визначення коефіцієнта енергії, що передається столу.....	64
5.14	Визначення витрати повітря на 1 удар.....	65
5.15	Визначаємо продуктивність одного літра повітря.....	65
5.16	Побудова альтернативних варіантів індикаторних діаграм.....	66
5.17	Визначення перерізу впускного і випускного отворів.....	70
5.18	Визначаю площу перетину впускного отвору.....	71
5.19	Визначаємо площу перетину випускного отвору.....	72
5.20	Розрахунок поршня на міцність в небезпечному перерізі.....	73
6.	Організаційний розділ.....	77
6.1.	Розрахунок чисельності виробничих робітників.....	77
6.2.	Визначення фондів заробітної плати.....	78

6.3. Розрахунок продуктивності праці.....	81
7. Економічний розділ.....	82
7.1. Розрахунок капітальний вкладень.....	82
7.2. Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	83
7.3. Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення....	85
8 Охорона праці.....	90
8.1. Загальна характеристика умов праці на формувальній ділянці.....	90
8.2. Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення (нормалізації) умов праці на формувальній ділянці.....	92
8.2.1. Фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів на формувальній ділянці.....	92
8.2.1.1. Механізми і вироби що рухаються.....	93
8.2.1.2. Вібрація та шум.....	93
8.2.1.3. Електробезпека.....	94
8.2.1.4. Хімічні джерела небезпечних та шкідливих виробничих факторів (гази, пил, аерозолі) на формувальній ділянці.....	96
Висновки.....	98
Література.....	99

ВСТУП

Ливарне виробництво – це процес виготовлення деталей з розплаву металів, які заливаються в пустотілу форму з обрисом пустоти, що відповідає формі деталі.

Одним з найбільш поширених способів отримання виливок є лиття в піщано-глинясті форми, що виготовлені методом ущільнення суміші в опоках.

Оскільки дана технологія є однією з найпоширеніших при виготовленні виливків, важливо вміти правильно нею користуватись.

Тому дана робота має за мету спроектувати ливарний цех та розробити технологію виготовлення виливка в разово-піщану форму за кресленням деталі.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ		
Розроб.		Хоменко					
Перевір.		Лютій Р В					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						11	99

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Виробнича програма це система завдань з виробництва продукції споживачам відповідно до номенклатури і якості. Виробнича програма являється базовим документом при розробленні усіх технологічних відділень ливарних цехів.

Програма повинна містити в собі завдання на річний випуск литва для кожного виробу та роду металу. Випуск запасних частин литва передбачається для кожного виробу.

Маючи програму (табл. 1.1), приступаю до аналізу її складу, ціллю якого є виявлення характеру виробництва, що планується.

В нашому випадку цех потужністю 6000 тонн придатного литва за рік призначений для виробництва виливків для промислового використання.

Ливарний комплекс, заданий для проектування, відноситься до ливарних цехів серійного виробництва, має масу виливків – від 15 кг до 520 кг.

Номенклатуру виливків розбиваємо на дві масові групи:

- 1 група – маса виливків складає від 0 до 100 кг
- 2 група – маса виливків складає від 100 і більше

Для виливків розраховуємо їх кількість, виходячи з річної програми цеху.

Виливки першої групи виготовляємо за допомогою лиття в разові піщані сирі форми, а другої групи за допомогою ХТС.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз виробничої програми	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Хоменко						
Перевір.		Лютій Р В					12	99
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затверд.								

Таблиця 1.1 - Номенклатура виливків

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал	Маса виливка кг	К-ть деталей на один виріб	Маса виливків на 1 виріб кг
1	ФЛ-71-1	Корпус 1	20Л	208,00	3	624,00
2	ФЛ-71-2	Шків гальмівний	45Л	245,50	6	1473,00
3	ФЛ-71-3	Кришка	35Л	150,00	2	300,00
4	ФЛ-71-4	Колесо зубчасте 1	45Л	308,60	4	1234,40
5	ФЛ-71-5	Стакан редуктора	35Л	236,50	1	236,50
6	ФЛ-71-6	Корпус редуктора 1	35Л	485,00	2	970,00
7	ФЛ-71-7	Диск верхній	45Л	92,40	1	92,40
8	ФЛ-71-8	Кришка редуктора 1	35Л	420,00	1	420,00
9	ФЛ-71-9	Корпус 2	35Л	242,70	2	485,40
10	ФЛ-71-10	Корпус редуктора 2	35Л	350,00	1	350,00
11	ФЛ-71-11	Корпус редуктора 3	35Л	520,40	1	520,40
12	ФЛ-71-12	Маточина	45Л	300,00	1	300,00
13	ФЛ-71-13	Опора нижня 1	45Л	246,80	4	987,20
14	ФЛ-71-14	Опора верхня 1	45Л	206,00	3	618,00
15	ФЛ-71-15	Корпус підшипника 1	35Л	410,00	1	410,00
16	ФЛ-71-16	Корпус підшипника 2	35Л	230,00	2	460,00
17	ФЛ-71-17	Корпус підшипника 3	35Л	248,00	2	496,00
18	ФЛ-71-18	Блок 1	45Л	180,50	8	1444,00
19	ФЛ-71-19	Колесо	45Л	254,00	8	2032,00
20	ФЛ-71-20	Кронштейн лівий	25Л	15,00	2	30,00
21	ФЛ-71-21	Колесо зубчасте 2	45Л	360,00	3	1080,00
22	ФЛ-71-22	Півмуфта 1	35Л	60,00	2	120,00
23	ФЛ-71-23	Корпус 2	35Л	225,00	2	450,00
24	ФЛ-71-24	Важіль	35Л	73,00	6	438,00
25	ФЛ-71-25	Півмуфта 2	35Л	88,40	2	176,80
26	ФЛ-71-26	Блок 2	45Л	208,00	8	1664,00
27	ФЛ-71-27	Блок 3	45Л	154,00	8	1232,00
28	ФЛ-71-28	Опора верхня 2	20Л	132,50	2	265,00
29	ФЛ-71-29	Опора нижня 2	20Л	175,30	2	350,60
30	ФЛ-71-30	Шків гальма	20Л	124,50	7	871,50
						20131,20

1.2 Аналіз виробничої програми

Для того щоб виконати річну програму з виготовлення виробів потрібно випускати певну кількість виливків. Їх кількість можливо порахувати за формулою:

$$N = \frac{G_p}{m} \quad (1.1)$$

де N – кількість виробів кожного найменування за рік, шт.;

G_p – річна потужність цеху, кг;

m – сумарна маса виливків на один виріб, кг.

Спочатку розраховую сумарна маса виливків на один виріб (це алгебраїчна сума мас усіх виливків за номенклатурою) яка складає $m=20131,2$ кг.

Підставивши данні до формули 1.1 ми отримаємо кількість виробів яку потрібно виготовити заводу за рік.

$$N = \frac{6000}{20.131} = 298 \text{ шт}$$

Після розрахунку кількості виробів яку необхідно випустити за рік, за отриманими даними складаю точну виробничу програму (табл. 1.2).

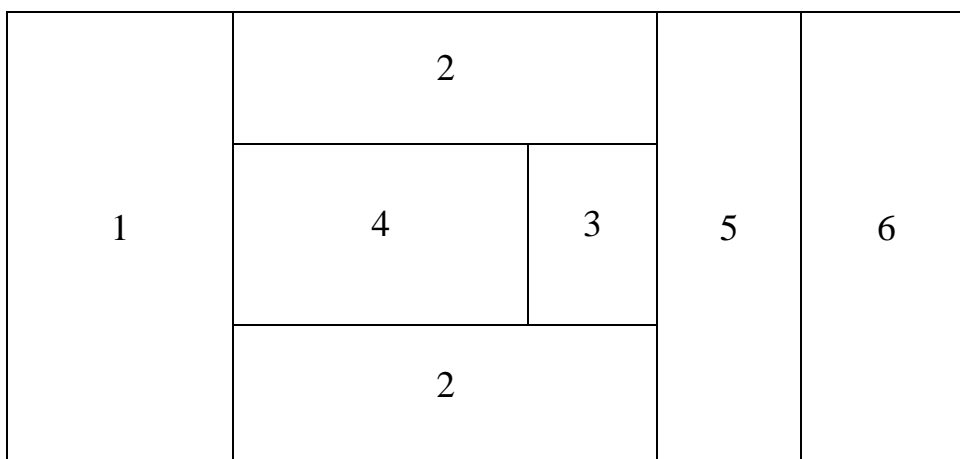
					ФЛП71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Адк.	№докум	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.2 - Точна виробнича програма

індекс	код деталі	найменування деталі	матеріал	маса виливка кг	Маса деталі, кг	к-ть деталей на один виріб	маса виливків на 1 виріб кг	На основні вироби шт.	На основні вироби т.	На з/п %	На з/п шт.	На з/п т.	Всього шт.	Всього т.
20	ФЛ-71-20	Кронштейн лівий	35Л	15,00	13,05	2	30,00	477	7,15	20%	119	1,788	596	8,94
22	ФЛ-71-22	Півмуфта 1	35Л	60,00	52,2	2	120,00	477	28,61	20%	119	7,152	596	35,76
24	ФЛ-71-24	Важіль	35Л	73,00	63,51	6	438,00	1430	104,42	20%	358	26,1048	1788	130,52
25	ФЛ-71-25	Півмуфта 2	35Л	88,40	76,908	2	176,80	477	42,15	20%	119	10,53728	596	52,69
7	ФЛ-71-7	Диск верхній	45Л	92,40	80,388	1	92,40	238	22,03	20%	60	5,50704	298	27,54
									0,00					
30	ФЛ-71-30	Шків гальма	20Л	124,50	108,315	7	871,50	1877	233,74	10%	209	25,9707	2086	259,71
28	ФЛ-71-28	Опора верхня 2	20Л	132,50	115,275	2	265,00	536	71,07	10%	60	7,897	596	78,97
3	ФЛ-71-3	Кришка	35Л	150,00	130,5	2	300,00	536	80,46	10%	60	8,94	596	89,40
27	ФЛ-71-27	Блок 3	45Л	154,00	133,98	8	1232,00	2146	330,42	10%	238	36,7136	2384	367,14
29	ФЛ-71-29	Опора нижня 2	20Л	175,30	152,511	2	350,60	536	94,03	10%	60	10,44788	596	104,48
18	ФЛ-71-18	Блок 1	45Л	180,50	157,035	8	1444,00	2146	387,28	10%	238	43,0312	2384	430,31
14	ФЛ-71-14	Опора верхня 1	45Л	206,00	179,22	3	618,00	805	165,75	10%	89	18,4164	894	184,16
1	ФЛ-71-1	Корпус 1	20Л	208,00	180,96	3	624,00	805	167,36	10%	89	18,5952	894	185,95
26	ФЛ-71-26	Блок 2	45Л	208,00	180,96	8	1664,00	2146	446,28	10%	238	49,5872	2384	495,87
23	ФЛ-71-23	Корпус 2	35Л	225,00	195,75	2	450,00	536	120,69	10%	60	13,41	596	134,10
16	ФЛ-71-16	Корпус підшипника 2	35Л	230,00	200,1	2	460,00	536	123,37	10%	60	13,708	596	137,08
5	ФЛ-71-5	Стакан редуктора	35Л	236,50	205,755	1	236,50	268	63,43	10%	30	7,0477	298	70,48
9	ФЛ-71-9	Корпус 2	35Л	242,70	211,149	2	485,40	536	130,18	10%	60	14,46492	596	144,65
2	ФЛ-71-2	Шків гальмівний	45Л	245,50	213,585	6	1473,00	1609	395,06	10%	179	43,8954	1788	438,95
13	ФЛ-71-13	Опора нижня 1	45Л	246,80	214,716	4	987,20	1073	264,77	10%	119	29,41856	1192	294,19
17	ФЛ-71-17	Корпус підшипника 3	35Л	248,00	215,76	2	496,00	536	133,03	10%	60	14,7808	596	147,81
19	ФЛ-71-19	Колесо	45Л	254,00	220,98	8	2032,00	2146	544,98	10%	238	60,5536	2384	605,54
12	ФЛ-71-12	Маточина	45Л	300,00	261	1	300,00	268	80,46	10%	30	8,94	298	89,40
4	ФЛ-71-4	Колесо зубчасте 1	45Л	308,60	268,482	4	1234,40	1073	331,07	10%	119	36,78512	1192	367,85
10	ФЛ-71-10	Корпус редуктора 2	35Л	350,00	304,5	1	350,00	268	93,87	10%	30	10,43	298	104,30
21	ФЛ-71-21	Колесо зубчасте 2	45Л	360,00	313,2	3	1080,00	805	289,66	10%	89	32,184	894	321,84
15	ФЛ-71-15	Корпус підшипника 1	35Л	410,00	356,7	1	410,00	268	109,96	10%	30	12,218	298	122,18
8	ФЛ-71-8	Кришка редуктора 1	35Л	420,00	365,4	1	420,00	268	112,64	10%	30	12,516	298	125,16
6	ФЛ-71-6	Корпус редуктора 1	35Л	485,00	421,95	2	970,00	536	260,15	10%	60	28,906	596	289,06
11	ФЛ-71-11	Корпус редуктора 3	35Л	520,40	452,748	1	520,40	268	139,57	10%	30	15,50792	298	155,08
							20131,20						28906	6000,00

З урахуванням характеру виробництва і обмеженої номенклатури виливків проектування ливарного цеху здійснювалось з використанням точної програми (табл. 1.2).

Даний ливарний цех, який проектується, має компоновку відділень, що представлена на (рис.1.1). Така компоновка притаманна цехам серійного виробництв виливків.



1 – плавильне відділення; 2 – формувальню-складально-заливально-вибивальне відділення; 3–сумішоприготувальне відділення; 4–стрижневе відділення; 5– відділення фінішних операцій; 6–склад готової продукції.

Рисунок 1.1 – Схема компоновання ливарного цеху

2 РЕЖИМИ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху визначається виконанням операцій технологічного процесу виготовлення виливків в часі і просторі. Від прийнятого режиму роботи залежить організація виробничого процесу.

Оптимальним є такий режим роботи, якщо всі операції технологічного процесу виконуються одночасно на різних виробничих дільницях. Найбільш оптимальним є однозмінний режим, при якому друга зміна відводиться для профілактики і ремонту устаткування.

Фактори, які обумовлюють вибір режиму роботи цеху: маса виливка, потужність цеху тощо. Отже в даній роботі приймаємо – однозмінний режим роботи, що дозволяє раціонально використовувати устаткування і площі цеху.

Далі встановлюємо фонди часу роботи устаткування та робітників. Календарний фонд часу розраховуємо за формулою [1]:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів у році, днів;

D – кількість годин у добі, год;

Підставивши дані у формулу, отримаємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу, Φ_n , – це час, протягом якого може виконуватися робота за прийнятим режимом, без урахування планових і непередбачуваних утрат часу. Номінальний фонд часу розраховується за формулою[1]:

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \quad (2.2)$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Хоменко			Режими роботи та фонди часу			Літ.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лютий Р В								17	96	
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ				
Н. Контр.		Федоров Г.Є.										
Затверд.												

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

C – кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Γ – кількість годин в залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин;

З урахуванням святкових і вихідних днів рік має 250 робочих днів.

При двозмінному режимі роботи:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Дійсний фонд, Φ_d , визначається шляхом віднімання від номінального фонду утрат часу на освоєння виробництва та непередбачуваних утрат. Φ_d розраховуємо за формулою зазначеною за посиланням [1]:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \quad (2.3)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

B – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати;

За умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневій відпустці дійсний фонд часу для робочих становить:

$$\Phi_d = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год}$$

Усі дані щодо режиму роботи цеху та фондів часу наведено в табл. 2.1.

Таблиця – 2.1 Режими роботи та фонди часу

Інд. поз.	Найменування відділення, дільниці, тип устаткування	Кількість робочих змін за добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год.	
			Устаткування	Робітника
1	Плавильне	1	1920	1840
2	Формувальне	1	1840	1840
3	Стрижневе	1	1840	1840
4	Сумішоприготувальне відділення	1	1840	1840
5	Відділення фінішних операцій	1	1860	1840
6	Термічне	3	3680	1840

3 ФОРМУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

В цьому відділенні здійснюються операції формування, складання, заливання, охолодження і вибивання форм.

Відділення складається з двох ділень. Дільниця №1 призначена для виробництва виливків вагою до 100 кг , дільниця №2 –для виробництва виливків масою понад 100 кг.

Дані про річну кількість форм представлено в табл. 3.1

Зведена відомість кількості форм представлена в табл. 3.2

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Хоменко			Формувальне відділення ливарного цеху			Літ.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лютий Р В								19	99	
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ				
Затверд.												

Таблиця 3.1 - Дані про річну кількість форм

код деталі	найменування деталі	матеріал	Кількість виливків за рік шт.	маса виливка кг	маса виливків на річну програму	робочі розміри опок	кількість виливків у формі	маса виливків у формі	кількість форм за рік	об'єм однієї форми м3	об'єм форм за рік м3
ФЛ-71-20	Кронштейн лівий	35Л	596	15	8940,00	1200x800x200x200	4	60	149	0,384	57,216
ФЛ-71-22	Півмуфта 1	35Л	596	60	35760,00	1200x800x200x200	2	120	298	0,384	114,432
ФЛ-71-24	Важіль	35Л	1788	73	130524,00	1200x800x200x200	2	146	894	0,384	343,296
ФЛ-71-25	Півмуфта 2	35Л	596	88,4	52686,40	1200x800x200x200	2	176,8	298	0,384	114,432
ФЛ-71-7	Диск верхній	45Л	298	92,4	27535,20	1200x800x200x200	1	92,4	298	0,384	114,432
				0					1937		
ФЛ-71-30	Шків гальма	20Л	2086	124,5	259707,00	1600x1100x300x300	4	498	522	1,056	550,704
ФЛ-71-28	Опора верхня 2	20Л	596	132,5	78970,00	1600x1100x300x300	4	530	149	1,056	157,344
ФЛ-71-3	Кришка	35Л	596	150	89400,00	1600x1100x300x300	2	300	298	1,056	314,688
ФЛ-71-27	Блок 3	45Л	2384	154	367136,00	1600x1100x300x300	2	308	1192	1,056	1258,752
ФЛ-71-29	Опора нижня 2	20Л	596	175,3	104478,80	1600x1100x300x300	2	350,6	298	1,056	314,688
ФЛ-71-18	Блок 1	45Л	2384	180,5	430312,00	1600x1100x300x300	2	361	1192	1,056	1258,752
ФЛ-71-14	Опора верхня 1	45Л	894	206	184164,00	1600x1100x300x300	1	206	894	1,056	944,064
ФЛ-71-1	Корпус 1	20Л	894	208	185952,00	1600x1100x300x300	1	208	894	1,056	944,064
ФЛ-71-26	Блок 2	45Л	2384	208	495872,00	1600x1100x300x300	1	208	2384	1,056	2517,504
ФЛ-71-23	Корпус 2	35Л	596	225	134100,00	1600x1100x300x300	2	450	298	1,056	314,688
ФЛ-71-16	Корпус підшипника 2	35Л	596	230	137080,00	1600x1100x300x300	2	460	298	1,056	314,688
ФЛ-71-5	Стакан редуктора	35Л	298	236,5	70477,00	1600x1100x300x300	1	236,5	298	1,056	314,688
ФЛ-71-9	Корпус 2	35Л	596	242,7	144649,20	1600x1100x300x300	1	242,7	596	1,056	629,376
ФЛ-71-2	Шків гальмівний	45Л	1788	245,5	438954,00	1600x1100x300x300	2	491	894	1,056	944,064
ФЛ-71-13	Опора нижня 1	45Л	1192	246,8	294185,60	1600x1100x300x300	2	493,6	596	1,056	629,376
ФЛ-71-17	Корпус підшипника 3	35Л	596	248	147808,00	1600x1100x300x300	2	496	298	1,056	314,688
ФЛ-71-19	Колесо	45Л	2384	254	605536,00	1600x1100x300x300	2	508	1192	1,056	1258,752
ФЛ-71-12	Маточина	45Л	298	300	89400,00	1600x1100x300x300	1	300	298	1,056	314,688
ФЛ-71-4	Колесо зубчасте 1	45Л	1192	308,6	367851,20	1600x1100x300x300	1	308,6	1192	1,056	1258,752
ФЛ-71-10	Корпус редуктора 2	35Л	298	350	104300,00	1600x1100x300x300	2	700	149	1,056	157,344
ФЛ-71-21	Колесо зубчасте 2	45Л	894	360	321840,00	1600x1100x300x300	1	360	894	1,056	944,064
ФЛ-71-15	Корпус підшипника1	35Л	298	410	122180,00	1600x1100x300x300	1	410	298	1,056	314,688
ФЛ-71-8	Кришка редуктора 1	35Л	298	420	125160,00	1600x1100x300x300	1	420	298	1,056	314,688
ФЛ-71-6	Корпус редуктора 1	35Л	596	485	289060,00	1600x1100x300x300	1	485	596	1,056	629,376
ФЛ-71-11	Корпус редуктора 3	35Л	298	520,4	155079,20	1600x1100x300x300	1	520,4	298	1,056	314,688
									16316		

Таблиця 3.2- Зведена відомість кількості форм

потокова лінія	група виливків за масою кг	розмір опок	річний випуск виливків т.	річний випуск форм шт.	середньогодинна кількість форм шт.
1	до 100	1200x800x200/200	256	1937	1,21
2	≥100	1600x1100x300/300	5744	16316	10,19

Основним устаткування формувального відділення є формувальні машини. Вибір формувальних машин виконую згідно потреб цеху. Так як виробництво є дрібносерійне тому недоцільно використовувати формувальні автоматичні лінії. Для даного виробництва більш економічно вигідно буде встановити окремі формувальні машини. Отже за даними розмірами опок обираю наступні формувальні машини:

1) Для першої масової групи вибираємо струшувальні машини з допресовуванням моделі 268.

2) Для другої масової групи вибираємо струшувальні машини з перекидним столом моделі 234М.

Технічні характеристики формувальних машин наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики струшувальних машин

Індекс позиції	параметри	Модель машини	
		268	234А
1	Розміри опок, мм: -довжина -штрина -висота	1200 800 400	1600 1100 500
2	Продуктивність, форм/год.	10	15
3	Вантажопідйомність, кг	1500	2500
4	Зусилля пресування, кг	30000	-
5	Хід пресового поршня, мм	500	-
6	Хід витяжки, мм	350	1100
7	Число струшувань за хвилину	95	105
8	Габаритні розміри, мм -довжина -ширина -висота	2700 2020 3530	4100 3100 3000
9	Маса, кг	-	14000

Розрахунок кількості формувальних машин проводжу з наступною формулою:

$$N = \frac{E}{k * p * \Phi_d} \quad (3.1)$$

де N – кількість машин, шт;

E – річна кількість форм, шт;

k – коефіцієнт, який враховує кількість браку 0,94...0,96;

P – продуктивність машини, форм/год;

Φ_д – дійсний річний фонд роботи устаткування, год.

Підставивши данні в формулу 3.1 розраховуємо потрібну кількість формувальних машин для першої потокової лінії:

$$N = \frac{1937}{0,94 * 10 * 1700} = 0,12$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

Підставивши данні в формулу 3.1 розраховуємо потрібну кількість формувальних машин для другої потокової лінії:

$$N = \frac{16316}{0,94 * 15 * 1700} = 0,68$$

Отже за розрахунками для забезпечення виготовлення потрібної кількості форм обираємо 1 машину моделі 268 та 1 машину моделі 234А.

Розрахунок коефіцієнта завантаження:

$$K_z = N / n, \quad (3.2)$$

де K_z – коефіцієнт завантаження;

N –розрахункова кількість машин;

n – прийнята кількість машин.

Для 1 потокової лінії коефіцієнт завантаження становить:

$$K_z = 0,12/1 = 0,12.$$

Для 2 потокової лінії коефіцієнт завантаження становить:

$$K_z = 0,68/ 1 = 0,68.$$

Таблиця 3.4 – Кількість формувальних машин

дільниця	Найменування виливків у групі литва	Внутрішній розмір опок, (LxVxH), мм	Середньогодинна кількість форм, шт.	Модель машини	Продуктивність формувальної машини, форм/год	Кількість формувальних машин		Коефіцієнт завантаження, K_z
						розрахункова	прийнята	
1	До 100	1200x800x200/200	1,21	268	10	0,12	1	0,12
2	≥ 100	1600x1100x300/300	10,19	234А	15	0,68	1	0,68

Розрахунок парку опок для формувального відділення виконуємо залежно від їх циклу обертання [2]:

$$ПО = (1,25 \dots 1,30)N_{\phi} * T \quad (3.3)$$

де 1,25...1,30 – коефіцієнт, який враховує резерв і ремонт запасних опок;

N_{ϕ} – кількість форм, яка виготовляється на лінії за одну годину;

T – цикл обертання опок, 3 год.

Підставивши значення у формулу (3.3), розраховуємо:

1) кількість пар опок для 1 ділянки:

$$ПО = 1,25 * 10 * 3 = 37,5 \text{ шт.}$$

Приймаємо 40 пар опок розміром: 1200x800x200/200 мм.

2) кількість пар опок для 2 ділянки:

$$ПО = 1,25 * 15 * 3 = 56,25 \text{ шт}$$

Приймаємо 60 пар опок розміром: 1600x1100x300/300 мм.

3.2. Будівельне проектування

Цех розміщений в одноповерховій будівлі. Ширина поперечних прогонів формувального відділення відповідно складає 24 метрів. Розміри плавильного відділення 24x48 метрів.

Також у відділенні знаходиться склад опочно-модельного оснащення та склад стрижнів на одну зміну. Рідкий метал на заливальну ділянку транспортують візками. Заливання відбувається на конвеєрі за

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

допомогою стопорних ковшів, після заливання форми з конвеєра потрапляють на вибивні ґратки. Транспортування виливків від вибивальної ґратки у відділення фінішних операцій поєднують з їх охолодженням на пластинчастих конвеєрах. Транспортування опок та готових форм виконують за допомогою мостових кранів.

Несучими конструкціями будівлі ливарного цеху є фундамент, колони, стіни, перекриття. Ливарний цех, що проектується, відноситься до великопрогонних будівель, виконується з несучим каркасом із залізобетонних колон. Крок колон по периметру будівлі 6 метрів. Колони в прогонах, якими рухаються мостові крани, мають консолі для опора підкранових балок, які виготовляються у вигляді двотаврових конструкцій[3].

Для спроектованого цеху основним матеріалом для фундаменту є залізобетон. Фундамент під колонами виконаний у вигляді башмаків із залізобетону.

Як стіновий матеріал використовують керамзитобетонні панелі. Торцеві стіни, сприймають значне вітрове навантаження, тому з метою забезпечення необхідної стійкості і надійності, такі стіни встановлюють з додатковими залізобетонними колонами [3].

Ворота в ливарному цеху встановлюють для транспортування матеріалів і виливків, і для евакуації людей. Їх виготовляють розсувними з електричним відкриванням і закриванням. Покриття підлоги – чавунні плити, які укладають на бетонну стяжку.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		25

4 ТЕХНОЛОГІЯ ЛИВАРНОЇ ФОРМИ ВИЛИВКА «КРОНШТЕЙН ЛІВИЙ»

4.1 Розроблення технології виготовлення виливка

4.1.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь «Кронштейн лівий» являє собою з'єднувальну опорну деталь для фіксування деяких конструкції на прямовисних стінках.

Кронштейн повинен мати високі механічні і експлуатаційні властивості, витримувати прикладені статичні навантаження, чинити опір агресивній дії робочого середовища і водночас повинен бути виготовлена з недорогого, недефіцитного, легко оброблюваного (технологічного з механічної точки зору) матеріалу.

Конструкція литої деталі повинна забезпечувати високий рівень її службових характеристик при заданій масі та точності конфігурації, а також враховувати технологію її виготовлення, тобто бути зручною для виготовлення та оброблення.

Враховуючи конструкційні та геометричні особливості для виготовлення деталі «Кронштейн лівий» в якості матеріалу використано ливарну сталь марки 25Л ГОСТ 977-88, хімічний склад якої та механічні властивості наведено в табл. 4.1, 4.2 відповідно.

Таблиця 4.1 - Масова частка компонентів сталі марки 25Л

ГОСТ 977-88

Позначення за ГОСТ	Масова частка елементів, %				
	вуглець	марганець	кремній	фосфор	Сірка
				не більше	
25Л	0,22...0,30	0,35...0,90	0,20...0,52	0,040	0,040

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Хоменко			Технологія ливарної форми виливка «Кронштейн лівий»	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лютий Р В						26	99
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.							
Затверд.									

Таблиця 4.2 - Механічні властивості сталі марки 25Л ГОСТ 977-88

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення не менше
		Нормалізація або нормалізація з відпуском
1	Температура нормалізації, °С	880...900
2	Температура відпуску, °С	610...630
3	Границя текучості σ_T , МПа, не менше	220...245
4	Тимчасовий опір розриванню σ_B , МПа, не менше.	470...490
5	Відносне подовження δ , %, не менше.	23...26
6	Відносне звуження ψ , %, не менше.	35...47
7	Ударна в'язкість КСУ, кДж/м ² , не менше.	490

Даний сплав, сталь 25Л (ГОСТ 977-88), має низький рівень ливарних властивостей: температура плавлення 1512 до 1521 °С; лінійна усадка від 2,2 до 2,3 %; коефіцієнт рідкотекучості $K_{РТ}=1,0$; коефіцієнт тріщиностійкості $K_{ТС}=1,0$; коефіцієнт схильності до утворення усадкових раковин $K_{УР}=0,9$; коефіцієнт схильності до утворення усадкової пористості $K_{УП}=1,0$; не чуттєвий до утворення флокенів; не схильний до відпускнуї крихкості [4].

Сплав призначений для виготовлення станин прокатних станків, шківів, траверс, поршнів, кришок циліндрів, корпусів підшипників та інших деталей, що працюють при температурі від – 40 до 450 °С та під тиском.

Маса деталі 15 кг, виливка 19,5 кг.

Даний виливок за відповідальністю відноситься до другої категорії: Виливки, які розраховані на міцність і які несуть статичні і динамічні навантаження. Такі виливки контролюють за зовнішнім виглядом, розмірами та масою (вибірково), хімічним складом і механічними властивостями (обов'язково) та піддають спеціальним видам контролю і випробуванням (вибірково) на щільність, відсутність тріщин, герметичність.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	27
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4.1.2 Обґрунтування положення моделі у формі і положення виливка при заливанні; вибір площини рознімання моделі й форми

При виборі положення виливка під час заливання та площини розніму моделі (форми) керуємося наступними правилами [4], положеннями по ГОСТ3.1125-88:

- найбільш відповідальні робочі частини, плоскі поверхні великої протяжності, місця, які підлягають механічному обробленню, потрібно, по можливості, розміщувати в нижній півформі; в крайньому випадку — вертикально або похило. При вимушеному розміщенні оброблюваних поверхонь у верхній півформі необхідно забезпечити такі умови, при яких піщані і газові раковини могли б утворюватися тільки в тих частинах виливка, які видаляються при обробленні;

- для виливків, котрі мають внутрішні порожнини, які утворюються за допомогою стрижнів, вибране положення повинно забезпечити можливість контролю розмірів порожнини форми при збиранні, а також надійність кріплення стрижнів;

- виливки з сплавів зі значною усадкою розміщувати в положенні, зручному для живлення їх металом верхніми прямими або бічними відвідними надливами;

- положення виливка у формі повинно забезпечити зручність підведення металу у форму та повне її заповнення;

- число рознімів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальними (один рознім);

- площина розніму моделі повинна забезпечувати легке видалення моделі, без використання відокремлюваних частин.

Враховуючи вищесказані рекомендації та конфігурацію виливка обираємо положення з фігурним роз'ємом, що вказано на рисунку 4.1.

Оскільки виливок має виступи і складні контури, тому обираємо саме такий роз'єм, що дозволяє уникнути таких проблем, як зрив формувальної суміші та легке вилучання з форми, але отвори доцільно оформлювати за допомогою стрижнів, ніж використовувати механічне оброблення.

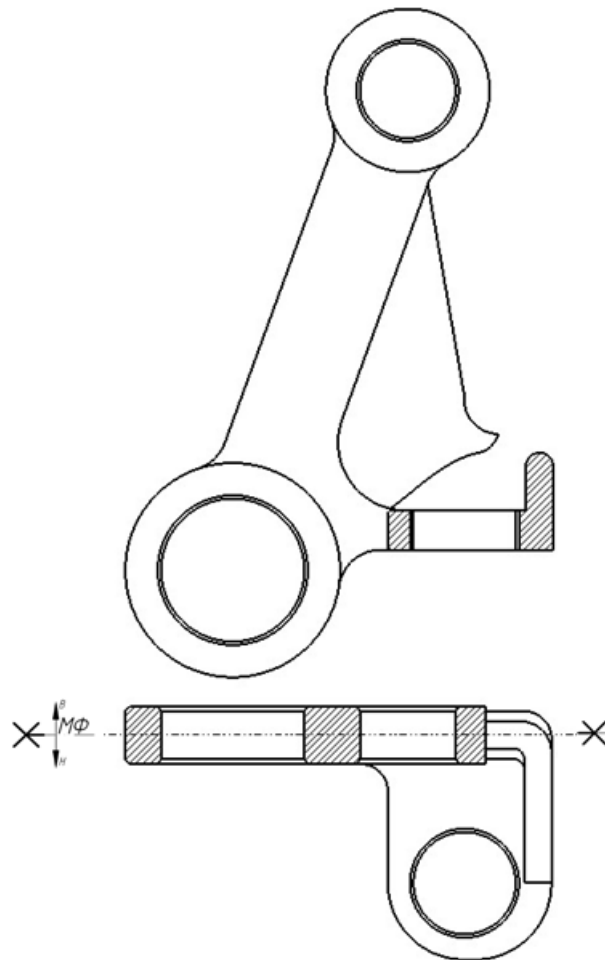


Рисунок 4.1 – Положення виливка у формі.

4.1.3 Вибір припусків на механічне оброблення поверхонь виливка

Для забезпечення необхідної шорсткості робочих поверхонь, доведення основних контрольованих розмірів до номінальних, виправлення дефектів форми та розміщення, припуски на механічне

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	29
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

оброблення відповідно до ГОСТ 26645-85 наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Припуски на механічне оброблення поверхонь
виливка по ГОСТ 26645-85

Вихідні дані	
Найменування деталі	Кронштейн лівий
Маса деталі, кг	15
Габаритні розміри деталі, мм	393x252x34
Матеріал, термообробка	Сталь 25Л ГОСТ 977-88, нор-ція
Спосіб лиття	Лиття в сирі піщано-глинясті форми
Спосіб формоутворення, твердість форми після ущільнення	Машинне формування
Норми точності виливка за ГОСТ 26645-85	
Клас розмірної точності виливка	10
Ступінь жолоблення виливка	6
Ступінь точності поверхонь	14
Клас точності маси виливка	9
Ряд припусків	9

Номінальні розміри, мм		
56	60	34
Допуски розмірів виливка, мм		
8,0	4,4	8,0
Допуски форми та розміщення елементів виливка, мм		
1,60	0,64	1,60
Загальний допуск елемента виливка, мм		
8,00	5,00	8,00
Вид кінцевого механічного оброблення - чистове		
Загальний припуск на сторону, мм		
4,0	4,0	3,6

4.1.4 Вибір кількості і меж стрижнів

Для формування внутрішньої порожнини виливка, використовуємо три внутрішніх стрижні. Встановлення й фіксація піщаного стрижня у ливарній формі здійснюється за допомогою спеціальних виступів, які називаються стрижневими знаками. Конфігурація і розміри стрижневих

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		30

знаків визначаються розмірами виливка і конфігурацією отворів, які оформлюються стрижнями. Вибір стрижневих знаків здійснюється залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92.

В нашому випадку для виконання внутрішньої порожнини поверхні застосовуємо вертикальні та горизонтальні стрижні.

Розміри знакових частин стрижня вибираємо залежно від довжини стрижня і розміщення його у формі відносно площини розніму.

Формувальні ухили вказані в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Формувальні ухили та технологічні зазори

Позначення стрижня	Висота, мм	Габарит стрижня (A+B)/2, мм	Висота знака, мм		Зазор (h ₁) S ₁ =S ₂ , мм	Кут α
			h	h ₁		
Ст. №1	85	126	35	15	0,4	10 °
Ст. №2	85	90	35	15	0,4	10 °
Ст. №3	35	69	46	0	0,6	15 °

4.2 Вибір типу та розрахунок розмірів опок

4.2.1 Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення

У даній технології врахувавши розміри ливникової системи у формі розміщено чотири виливка, підведення металу здійснено по розніму.

4.2.2 Розрахунок лінійних розмірів опок

Відстані від виливка до стінок, ладу та контрладу опоки і розміри живильників обрано виходячи з того, що виливок відноситься до дрібних за розміром, та наведено у табл. 4.5.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 4.5– Відстані від виливка до стінок опоки

Позначення	а	б	в	L _{MIN}	В _ш	Д
Рекомендовано, мм	20...50	30...60	50...75	50...80	20...30	30...60
Приймаємо, мм	35	45	63	60	25	59

Розрахунок ширини опоки:

$$L = n_B \cdot A_1 + 2 \cdot a, \quad (4.1)$$

де n_B – кількість виливків розміщених в одному напрямку, шт.;

A_1 – ширина виливка з урахуванням знакових частин стрижня та виступаючих частин ливникової системи, мм;

a – відстань від виливка до стінки опоки, мм;

$$L = 4 \cdot 280 + 2 \cdot 35 = 1190 \text{ мм.}$$

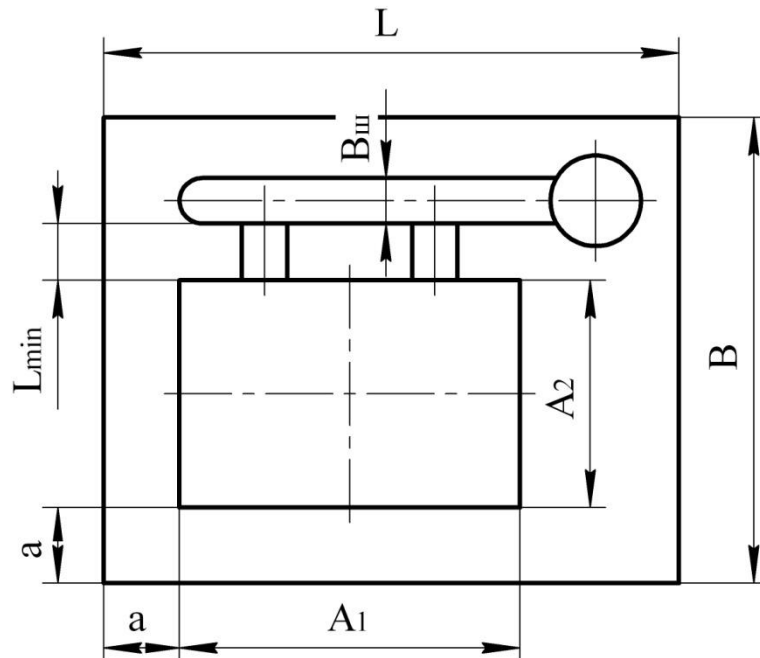


Рисунок 4.2–Розрахункова схема до визначення розмірів опок

Схема для 1-го виливка, проте її можна застосувати і для 4 виливків у формі.

Розрахунок довжини опоки:

$$B = n_B \cdot A_2 + L_{\text{MIN}} + B_{\text{Ш}} + 2 \cdot a, \quad (4.2)$$

де n_B - кількість виливків розміщених в одному напрямку, шт.;

A_2 - довжина виливка з урахуванням знакових частин стрижнів та виступаючих частин ливникової системи, мм;

L_{MIN} - довжина живильника, мм;

$B_{\text{Ш}}$ - ширина колектора, мм;

a - відстань від виливка до стінки опоки, мм;

$$B = 4 \cdot 150 + 60 + 25 + 2 \cdot 35 = 760 \text{ мм.}$$

Розрахунок висоти верхньої опоки (при уточненні розміру за ГОСТ)

$$H_{\text{BO}} = h_B^B + \delta, \quad (4.3)$$

де h_B^B - висота виливка у верхній півформі з урахуванням знакових частин стрижня, мм;

δ - відстань від контрладу верхньої опоки до верхньої точки виливка, мм;

$$H_{\text{BO}} = 74 + 50 = 124 \text{ мм.}$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		33

Розрахунок висоти нижньої опоки:

$$H_{HO} = h_B^H + v \quad (4.4)$$

де h_B^H – висота виливка в нижній півформі з урахуванням знакових частин стрижня, мм;

v – відстань від нижньої точки виливка до контрладу нижньої опоки (50...75 мм);

$$H_{HO} = 35 + 60 = 95 \text{ мм.}$$

Враховуючи розташування виливка у формі та їх кількість обираємо наступну опоку: 1200×800×200 ГОСТ 15002-69.

4.2.3 Характеристика обраних опок

Опока включає в себе: рамку, ребра жорсткості, елементи транспортування, елементи центрування та кріплення. За конфігурацією розрізняють квадратні, прямокутні та круглі опоки. Крім цього вони можуть бути литі, ті що збираються за допомогою зварювання (зварні), болтів, а також комбіновані.

В даному проекті використовуємо литі чавунні опоки прямокутної форми з розмірами, вказаними у попередньому пункті.

Центрування опок проводимо за допомогою центрувальних та напрямівних штирів, які розміщені так, як показано на кресленику «Форма в складеному вигляді».

Скріплення приливів опок проводимо за допомогою скоб відповідного типорозміру з розрахунку їх міцності на розрив.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

Транспортування опок, а також готових півформ виконуємо за допомогою кранових цапф.

4.3 Розрахунок ливникової системи

4.3.1 Розрахунок надливу

Розрахунок ливникової системи здійснюємо з урахуванням заливання зі стопорних ковшів. Згідно з даними таблиці 9.13 [1], обираємо діаметр надливу при $H_H: \delta_B < 3$, враховуючи $\delta_B = 20$ мм:

$$D_H = (1,6 \dots 2,1) \delta_B \quad (4.5)$$

$$H_H = (1,1 \dots 2,1) D_H \quad (4.6)$$

$$B_H = (1,0 \dots 2,0) D_H \quad (4.7)$$

Отже маємо:

$$D_H = 1,6 * 42 = 67 \text{ мм},$$

Проте враховуючи розташування надливу у формі та розташування надливу обираємо діаметр надливу 22 мм, при цьому похибка – не значна тому надлив буде працювати. Розрахунки продовжуємо з урахуванням $D_H = 22$ мм.

$$H_H = 22 * 1,5 = 33 \text{ мм}$$

Згідно з розрахунками B_H – отримаємо розміром 44 мм, проте враховуючи особливості конфігурації виливка, а також економічні

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	35
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

показники з боку виготовлення моделей надливів приймаємо B_n – розміром 75 мм, оскільки це зменшує собівартість виготовлення виливку та спрощує простоту його виготовлення. При такому значенні B_n радіус дії надливу буде рівний:

$$R_d = \frac{B}{2} + (0.8 \dots 1.2)\delta_B \quad (4.8)$$

$$R_d = \frac{75}{2} + 1.2 * 40 = 85,5 \text{ мм}$$

Враховуючи довжину кола на якому розташований надлив: 330 мм, для нормальної дії надливів необхідно розташувати 3 надливи під кутом 120° .

Розраховуємо надливи для наступного термічного вузла за відповідними попередніми формулами 4.5... 4.8.

$$D_n = 1,6 * 40 = 64 \text{ мм}$$

Проте враховуючи розташування надливу у формі та розташування надливу обираємо діаметр надливу 24 мм, при цьому похибка – не значна тому надлив буде працювати. Розрахунки продовжуємо з урахуванням $D_n = 24 \text{ мм}$.

$$H_n = 24 * 1,5 = 36 \text{ мм}$$

Згідно з розрахунками B_n для цього надливу отримаємо розміром 48 мм, проте враховуючи особливості конфігурації виливка, а також економічні показники з боку виготовлення моделей надливів приймаємо B_n – розміром 58 мм, оскільки це зменшує собівартість виготовлення виливку та спрощує простоту його виготовлення. При такому значенні B_n

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	36
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

радіус дії надливу буде рівний:

$$R_d = \frac{58}{2} + 1.2 * 40 = 77 \text{ мм}$$

Враховуючи довжину кола на якому розташований надлив: 230 мм, для нормальної дії надливів необхідно розташувати 3 надливи під кутом 120°.

Маса одного (першого) надливу:

$$Q_{\text{над}} = 0,22 \text{ кг} ; Q_{3x \text{ надливів}} = 0,22 * 3 = 0,66 \text{ кг}$$

Маса одного (другого) надливу:

$$Q_{\text{над}} = 0,21 \text{ кг} ; Q_{3x \text{ надливів}} = 0,21 * 3 = 0,63 \text{ кг}$$

4.3.2. Розрахунок площ основних елементів ливникової системи

Розрахунок ливникової системи починають з визначення площі найвужчого перерізу – перерізу живильників, а потім за прийнятими співвідношеннями визначають площі перерізу колектора та стояка.

Площа перерізу живильників на один вилівок складає:

$$F_{\text{жив.1вил}} = \frac{Q_v}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \sqrt{H_p}} \quad (4.9)$$

де Q_v – маса виливка, кг;

μ - коефіцієнт втрати, який характеризує загальний гідравлічний опір форми руху металу;

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		37

τ – тривалість заливання, с;

H_p – розрахунковий металостатичний напір, см.

Знайдемо усі складові формули (4.9)

Масу виливка знайдемо за наступною формулою:

$$Q_v = (1,15 \dots 1,25) \cdot Q_{\text{дет}} + Q_{\text{надлив}} \quad (4.10)$$

$$Q_v = 1,25 * 15 + (0,66 + 0,63) = 20 \text{ кг}$$

Коефіцієнт витрат μ для виливків, які заливаються в сиру форму, має значення 0,35...0,5, приймаємо $\mu = 0,5$.

Тривалість заливання розраховуємо за формулою:

$$\tau = c/v, \quad (4.11)$$

де c – висота виливка в положенні при заливанні; см

v – середня швидкість підняття рівня металу в формі, см/с

$$\tau = 35/1,5 = 23,3 \text{ с}$$

Розрахунковий металостатичний напір залежить від розміщення виливка у формі та визначається за наступною формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{p^2}{2 \cdot c} \quad (4.12)$$

де H_0 – відстань від рівня металу в чаші до рівня введення в порожнину ливарної форми : $H_0 = H_{\text{верх.оп}}$;

$$H_0 = 200 \text{ мм}$$

P – висота частини виливка в верхній півформі: $P = 36 \text{ мм} = 3,6 \text{ см}$;

C – висота виливка в положенні при заливанні $C = 189 \text{ мм} = 18,9 \text{ см}$.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	38
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$H_p = 20 - \frac{3,6^2}{2 * 18,9} = 19,65 \text{ см}$$

Отримаємо значення площі перерізу живильників на один виливок:

$$F_{\text{жив.на1вил.}} = \frac{20}{0,5 * 23,3 * 0,31 * \sqrt{19,65}} = 3,39 \text{ см}^2;$$

За конфігурацією та масою виливка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи:

$$\sum F_{\text{жив}} : \sum F_{\text{лх.}} : \sum F_{\text{ст.}} = 1 : 1,54 : 1,71 = 27,12 : 17,55 : 15,95$$

де $\sum F_{\text{жив}}$ – сумарний переріз живильників, см² ;

$\sum F_{\text{лх.}}$ – сумарний переріз ливникового ходу, см² ;

$\sum F_{\text{ст.}}$ – сумарний переріз стояка, см² .

Висоту живильника приймаємо конструктивно, з урахуванням розмірів місця підведення металу: $h_{\text{жив.}} = 18 \text{ мм}$.

Визначення розмірів стояка полягає у розрахунку розміру його найтоншої частини.

$$F_{\text{ст.}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.13)$$

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{ст.}}}{\pi}} \quad (4.14)$$

$$d_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4 * 15,95}{3,14}} = 4,5 \text{ см.}$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		39

4.4 Формувальна та стрижнева суміш

4.4.1 Склад та властивості

Формування виливка відбувається при кристалізації розплавленого металу в ливарній формі. При цьому розплав взаємодіє з поверхнею форми й у ній відбуваються складні механічні і фізико-хімічні процеси, які впливають на якість виливка. Так, форма повинна опиратися тиску розплаву, не змінюючи своїх розмірів, витримувати високі температури, не розплавлятися і не вступати в хімічну взаємодію з металом і газами, мати пористість, що забезпечує вихід газів з порожнини форми і запобігати утворенню газових раковин, відбирати тепло з розплаву і регулювати швидкість охолодження виливка.

У практиці ливарних цехів застосовують велику кількість різноманітних за складом формувальних і стрижневих сумішей. Вибір складу визначається призначенням суміші, а також способом формування, серійністю і видом сплаву.

Враховуючи вимоги, які ставляться до геометричної та розмірної точності виливка, масу, групу складності, серійність виробництва для виготовлення форм застосовуємо сиру піщано-глинясту суміш.

Дана формувальна суміш, використовується в сучасних технологічних процесах. Вона володіє комплексом наступних властивостей: міцністю, газопроникністю, вогнетривкістю, довговічністю і т. д., забезпечує високу якість виливків та задану продуктивність лінії. Особливістю даної суміші являється мінімальний вміст (до 3 %) високоякісних бентонітів. Такі суміші при мінімальному вмісті води (від 3,0 до 3,8 %) мають наступні переваги:

- підвищену чистоту поверхні виливків;
- знижений вміст бентоніту, необхідного для отримання заданої міцності суміші, в 2...2,5 рази у порівнянні з вмістом каолінової глини,

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	40
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

що призводить до збільшення газопроникності, вогнетривкості, зменшення можливості утворення пригару;

- полегшену вибиваємість виливків з форм;
- підвищену текучість та піддатливість.

Для виготовлення стрижнів використовуємо пластичну самотвердну суміш на основі синтетичної смоли ОФ-1, склад якої наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.6 - Склад та властивості формувальної суміші

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Призначення суміші	Сталеві виливки
2	Вміст компонента, % (за масою): - оборотна суміш - кварцовий пісок - бентоніт - крохмаліт - ПАР -Пилоподібний кварц (>94,5 % SiO ₂), %	94,5...95,5 3...5 0,3...0,4 0...0,02 0,03...0,05 2...5
3	Вологість, %	3,3...3,7
4	Міцність на стиск, кПа	70...90
5	Газопроникність, од.	100
6	Формувальність, %	75...80
7	Ущільнюваність, %	40...45
8	Текучість, %	70...75

Таблиця 4.7 - Склад та властивості стрижневої суміші

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Формувальний пісок марки $3K_3O_2016$, % мас.	100
2	Вміст синтетичної смоли ОФ-1, % мас.	1,5...1,8
3	Вміст каталізатора БСК, % мас.	1,0...1,2
4	Газопроникність, од.	200...250
5	Живучість, хв.	8...12
6	Час витримки стрижня в ящику, хв.	15...20
7	Міцність на розрив після витримки (24 год.), МПа	3,0...4,0

4.4.2 Технологія приготування формувальної та стрижневої суміші

Приготування формувальної суміші здійснюється у змішувачах з вертикально обертовими котками моделі 1108 в наступній послідовності: з витратних бункерів у змішувач подаються порції сипких матеріалів в кількості, яка визначена табл. 4.6; після чого відкривається кран подачі води і відміряється необхідна їй порція; процес перемішування матеріалів триває від 2 до 4 хв.; після чого відбирається порція формувальної суміші для проведення швидкого експрес-аналізу; в разі отримання задовільних результатів аналізу, дається команда на розвантаження готової формувальної суміші, яка за допомогою стрічкових конвеєрів транспортується до витратних бункерів, встановлених над формувальними блоками, якщо ж результати експрес-аналізу незадовільні, здійснюються додаткові операції, які полягають у додаванні необхідної порції матеріалу, що відповідає за значення параметра, який не потрапив в межі норм; після чого технологічний цикл повторюється.

Приготування стрижневої холоднотвердної суміші (ХТС) здійснюється в одноплечових шнекових змішувачах моделі 19611 у наступній послідовності: дозування необхідної кількості вогнетривкого

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	42
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

наповнювача та каталізатора твердіння, яка визначена за табл. 4.7; перемішування вогнетривкого наповнювача та каталізатора твердіння від декількох секунд до 2 хв. (дане рішення забезпечує зменшення витрати смоли та краще плакування вогнетривкого наповнювача каталізатором); додавання зв'язувального матеріалу в кількості, яка визначена табл. 4.7; перемішування матеріалів протягом від 1 до 2 хв.; розвантаження приготованої суміші у витратний бункер стрижневої машини. Порухення даної технології приготування ХТС призводить до різкого зменшення її живучості та міцності стрижнів.

4.4.3 Методи попередження утворення пригару з боку форми та стрижнів

Пригаром називають дефект у вигляді важко відокремлюваного шару на поверхні виливка, утвореного внаслідок фізико-хімічної взаємодії форми або стрижня з розплавом та його оксидами. Враховуючи те, що виливок сталевий, для зменшення пригару з боку форми в суміш вводимо 2...5 % пилоподібного кварцу ($>94,5\% \text{ SiO}_2$). Пиловидний кварц зменшує пористість.

Для попередження утворення пригару з боку стрижня використовуємо самовисихаючу фарбу наступного складу табл. 4.8.

Даний тип фарб має органічний розчинник, що швидко випаровується для возгонки яких нема необхідності використовувати сушіння.

При приготуванні протипригарних фарб з окремих компонентів спочатку готують рідку композицію з розчину зв'язувального компонента, суспензувальних та інших речовин, які утворюють колоїдний розчин. Вміст розчинника в композиції на 20...30% менший від тієї кількості, яка необхідна для одержання суспензії із заданою густиною. Тип фарбо змішувача – механічний з частотою обертання 120 об/хв.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.8 - Склад самовисихаючої протипригарної фарби

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Призначення фарби	Сталеве литво
2	Вміст наповнювача (циркон) пилоподібний, % мас.	60
3	Вміст зв'язувального компоненту (полівінілбутираль), % мас.	2,5
4	Вміст розчинника (етиловий спирт), % мас.	37,5
5	Густина, кг/м ³	1750...1850

4.5 Характеристика модельного комплекту

4.5.1 Обґрунтування вибраного матеріалу

Виготовлення елементів модельного комплекту здійснюємо з алюмінієвого сплаву марки АК12 ГОСТ 1583-93, за 6 класом точності ГОСТ 3212-92.

Порівняно з дерев'яними вони довговічніші, мають значно вищу точність і сталість розмірів, гладку робочу поверхню, не деформуються під час зберігання.

4.5.2 Склад модельного комплекту

До складу модельного комплекту входить:

- модельна плита - 2 шт.
- модель виливка роз'ємна - 4 шт
- моделі елементів ливникової системи : 8 живилиників, 1 модель ливникового ходу, 1 стояк;
- стрижневий ящик - 2 шт.;

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	44
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4.5.3 Особливості конструкції моделей

В даному випадку модель є роз'ємною. Для зменшення маси модельного комплекту та економії матеріалу, модель виконуємо порожнистою з товщиною стінки 10 мм ГОСТ 21079-75. Для надання моделі жорсткості у порожнині виконуємо відповідні ребра товщиною 8 мм на всю висоту ГОСТ 21079-75.

За конструкцією стрижневий ящик роз'ємний. Його виготовляють із двох частин. Площина розніму – горизонтальна. Робочі розміри ящика 158x102,5x116 мм. Скріплюємо ящик гвинтами, centruємо штирем.

Стрижневі знаки моделі виконуємо у відповідності з розмірами, вказаними в табл. 4.4 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Готову модель фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92.

Робочі розміри моделей вилівка:

$$\alpha = l_p \cdot (1 + U/100), \quad (4.15)$$

де l_p – розмір деталі, мм 393x252x34

U – усадка вилівка, %

Для алюмінієвого комплекту:

$$\alpha_1 = 393 \cdot (1 + 1,35/100) = 398,3 \text{ мм}$$

$$\alpha_2 = 252 \cdot (1 + 1,35/100) = 255,4 \text{ мм}$$

$$\alpha_3 = 34 \cdot (1 + 1,35/100) = 34,4 \text{ мм}$$

$$\alpha_1 = 398,3 \cdot (1 + 1,55/100) = 404,7 \text{ мм}$$

$$\alpha_2 = 255,4 \cdot (1 + 1,55/100) = 263,3 \text{ мм}$$

$$\alpha_3 = 34,4 \cdot (1 + 1,55/100) = 35 \text{ мм}$$

Кріплення моделей на модельній плиті здійснюємо 28-ма болтами М8, центрування моделей на модельній плиті здійснюємо за допомогою 8 штифтів.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	45
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4.5.4 Особливості конструкції стрижневого ящика

Усі переходи між собою пересічними поверхнями плавні, мають галтелі, радіусом 8...10 мм (для моделей). Галтелі стрижневих ящиків мають радіус 4...5 мм.

Стрижневі знаки на моделі виконуємо у відповідності з ГОСТ 3212-92.

Готові моделі фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92:

- у сірий колір - модельний комплект, що використовується для виготовлення виливків з сталі;
- у чорний колір - поверхні стрижневих знаків та інших частин, що не заливаються.

4.6 Технологія виготовлення та складання ливарної форми

4.6.1 Порядок виконання операцій при формуванні, складанні заливанні та вибивання форми

У даному випадку наш виливок відноситься до дрібного литва. Форма виготовляється на пневматичній струшувальній машині з допресуванням та застосуванням формувальних сумішей посирому.

При даному способі формування ущільнення суміші відбувається за рахунок того, що при пресуванні верхні шари суміші ущільнюються за рахунок дії на неї пресового поршня. Під модельна плита не вимагає присутності спеціальних отворів для виходу повітря – вентів.

Отже порядок операцій формування буде наступним:

- на плиту формувальної машини встановлюємо та закріплюємо модельну плиту з моделями;
- встановлюємо опоку, centruємо та фіксуємо відносно модельної плити;

Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ

- проводимо покриття поверхні моделі та площини рознімання розділовим покриттям;
- затискаємо опоку з модельною плитою та наповнювальною рамкою між перфорованою плитою та розсікачем;
- відкриваємо жалюзі бункера та заповнюємо опоку формувальною сумішшю;
- вмикаємо режим пресування, відбувається ущільнення суміші;
- надлишок суміші зрізаємо;
- вмикаємо поворотний механізм, відбувається поворот стола з готовою пів формою;
- виконуємо вентиляційні канали;
- вмикаємо механізм витяжки моделі за допомогою штифтів;
- готова півформа кантується та зіштовхується на конвеєр;

Стрижні виготовляємо на напівавтоматичних піскодувних стрижневих машинах моделі 2Б83. Процес виготовлення включає наступні операції:

- очищення поверхні стрижневого ящика від залишків суміші попереднього заформування;
- нанесення на поверхню стрижня розділового покриття;
- збирання стрижневого ящика
- встановлення стрижневого ящика на робочий стіл стрижневої машини;
- заповнення стрижневого ящика;
- витримування стрижня в ящику (10...15 хв.);
- вилучення стрижня з ящика та встановлення його на стрижневу плиту;
- встановлення стрижня на привідний рольганг камери фарбування.

Температура вибивання виливка 200...300°C.

Термічне оброблення виливка – нормалізація.

Фінішне оброблення виконується дробометом.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		47

Після чого цикл повторюється.

Для заливання форм використовуємо механізований стопорний ківш металомісткістю 1000 кг. Температура заливання для сталі 25Л 1550...1580 °С.

4.6.2 Порядок операцій при виготовленні стрижня

Для повного відтворення внутрішньої конфігурації виливка застосовуємо три стрижні, які відносяться до стрижнів середньої складності по конфігурації.

Стрижневий ящик виконуємо з алюмінієвого сплаву. Тип ящика, роз'ємний (з горизонтальним плоским роз'ємом з двох половинок), за допомогою якого виготовляємо два стрижні.

Каркас виконуємо дротовий сталевий відповідно конфігурації стрижня.

Послідовність виготовлення стрижнів

- робочі поверхні стрижневого ящика покривають розділовим покриттям;
- скріплюють половинки стрижневого ящика;
- заповнюють стрижневий ящик стрижневою сумішшю піскодувним методом;
- витримують стрижень 30...40 хв в стрижневому ящику для твердіння суміші;
- виконують вентиляційні канали в знакових частинах стрижня;
- розкривають стрижневий ящик та виймають стрижень;
- фарбують стрижень протипригарною фарбою;
- витримують стрижень протягом години для висихання фарби;
- готовий стрижень транспортують на ділянку складання форм.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	48
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4.6.3 Очищення та обрубка виливків

Виливки після видалення з ливарних форм передають у відділення фінішних операцій, де підвищують їх фізико-механічні властивості та надають їм належного товарного вигляду.

Елементи ливникової системи від виливків відокремлюють за допомогою газового різання .

Дробометні камери використовують для видалення стрижнів та очищення виливків. Таке очищення виконується потоком чавунного або сталевого дробу, який спрямовується на поверхню виливка спеціальними головками або апаратами. Висока продуктивність і якість очищення виливків досягається високою швидкістю потоку дробу (70...80 м/с), яка створюється робочим колесом ротора, що обертається зі швидкістю близько 2500 хв-1.

Зачищення виливків виконують на заточувальних шліфувальних барабанах.

Наступна операція – це контроль якості виливків, який складається з двох етапів – проміжного і остаточного. Проміжний контроль здійснюють у процесі очищення, обрубкування і зачищення виливків для вилучення із технологічного потоку бракованих і дефектних виливків до термічного оброблення, а другий – для приймання виливків, які пройшли повний цикл оброблення.

Після виконання вище названих операцій виливки транспортують на склад готової продукції.

4.7 Техніко-економічні показники

Витрати формувальних матеріалів і стрижневих матеріалів на 1 тону виливків.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	49
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо об'єм формувальної суміші в опоці:

$$V_{фсум} = V_{\phi} - n_{\phi} \cdot V_{\phi} - V_{л.с.} - n_{см} \cdot V_{см} , \quad (4.16)$$

де V_{ϕ} – об'єм форми, м³;

V_{ϕ} – об'єм виливка, м³;

$V_{л.с.}$ – об'єм ливникової системи, м³;

$V_{см}$ – об'єм стрижня, м³;

n_{ϕ} – кількість виливків;

$n_{см}$ – кількість стрижнів.

$$V_{\phi} = l_{он} \cdot b_{он} \cdot h_{он} , \quad (4.17)$$

де $l_{он}$, $b_{он}$, $h_{он}$ – довжина, ширина та висота верхньої і нижньої опоки, м.

$$V_{\phi} = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 0,4 = 0,384 \text{ м}^3$$

$$V_{\phi} = Q_{\phi} / \rho_{ме} , \quad (4.18)$$

$$V_{\phi} = (75 + 0,63 + 0,66) / 7855 = 0,009 \text{ м}^3$$

$$V_{л.с.} = Q_{лс} / \rho_{ме} , \quad (4.19)$$

$$V_{л.с.} = 24 / 7855 = 0,003 \text{ м}^3$$

$$V_{см} = 0,0004 + 0,0002 + 0,0006 = 0,0012 \text{ м}^3$$

$$V_{фсум} = 0,384 - (4 \cdot (0,009 + 0,0002 + 0,0004)) - (0,0012) = 0,330 \text{ м}^3$$

Маса формувальної суміші, потрібної для виготовлення 1т придатних виливків:

$$M_{фсум} = (0,330 \cdot 1000 \cdot 1650) / ((75 + 0,63 + 0,66) \cdot 4) = 1784 \text{ кг}$$

Кінцева маса формувальної суміші :

$$M_{фс} = M_{фсум} \cdot 1,1 = 1784 \cdot 1,1 = 1962 \text{ кг}$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	50
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Маса стрижневої суміші на одну форму становить :

$$M_{ст.сум} = \rho_{ст.сум} \cdot n_{ст} \cdot V_{ст}, \quad (4.20)$$

$$M_{ст.сум} = 1700 \cdot 0,0012 = 2,04 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші, потрібної для виготовлення 1 т придатних виливків:

$$M_{стсум(на 1т)} = (2,04 \cdot 1000) / (75 + 0,63 + 0,66) = 260 \text{ кг}$$

Кінцева маса стрижневої суміші :

$$M_{стсум} = M_{стсум(на 1т)} \cdot 1,1 = 260 \cdot 1,1 = 286 \text{ кг}$$

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{техн} = G_{\text{в}} \cdot 100\% / (G_{\text{в}} + G_{\text{л.с.}}), \quad (4.21)$$

$$ВП_{техн} = 76,29 \cdot 100 / (76,29 + 24) = 76,06 \%$$

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{мет} = ((100 - Y)(100 - B)(100 - Б)) ВП_{техн.} / 10^6, \quad (4.22)$$

де $Y = 3 \%$ – угар сталі при плавці в індукційній печі;

$B = 1,5\%$ – беззворотні втрати;

$Б = 3\%$ – брак для сталевих виливків.

$$ВП_{мет} = ((100 - 3) \cdot (100 - 1,5) \cdot (100 - 3) \cdot 76,06) / 10^6 = 70,4\%.$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва, можна розрахувати масу металозавалки на 1 тону придатного литва:

$$M_{мз} = 1000 \cdot 100\% / ВП_{мет} \quad (4.23)$$

$$M_{мз} = 1000 \cdot 100 / 70,4 = 1420,4 \text{ кг}$$

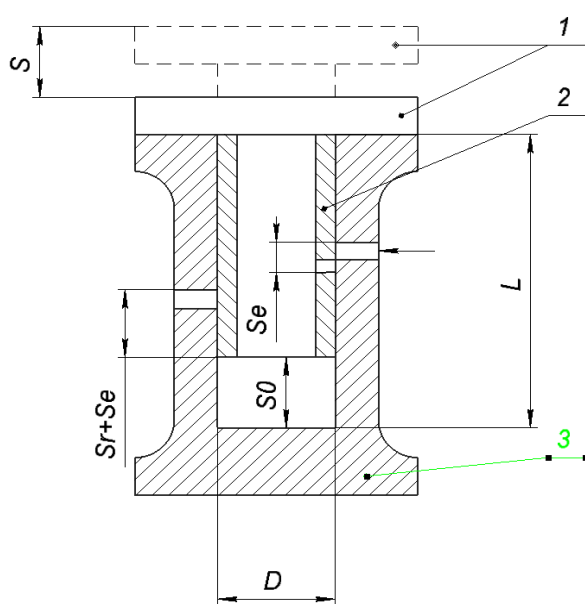
					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	51
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

5 ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКОВАННЯ

5.1 Розрахунок основних технологічних та конструктивних параметрів струшувальної машини

Вихідні дані:

- 1) Розмір опок ($A \times B \times H$): $1200 \times 800 \times 200$, мм;
- 2) Тиск повітря в магістралі цеху: $P_0 = 5$ кг/см²
- 3) Ступінь ущільнення: $\delta = 1,6$ г/см²



1- стіл; 2- поршень; 3- циліндр

D – діаметр поршня; L – довжина поршня; S – висота підйому поршня; S_e – шлях наповнення повітрям; S_0 – висота шкідливого простору; S_r – шлях розширення.

Рисунок 5.1 – Розрахункова схема механізму

					ФЛП71.7105.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок основних технологічних та конструктивних параметрів машини		
Розроб.	Хоменко						
Перевір.	Лютий Р.В						
Н. Контр.	Федоров Г.Є.						
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						52	99
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІФФ		

5.2 Визначення маси корисного навантаження

Масу корисного навантаження визначаю за формцлою :

$$Q_1 = Q_{\text{оп}} + Q_{\text{см}} + Q_{\text{мод}} , \quad (5.1)$$

де Q_1 - маса корисного навантаження, кг;

$Q_{\text{оп}}$ – маса опоки, кг; (За ГОСТ 14985-69 маса опоки становить $Q_{\text{оп}} = 280$ кг) [5];

$Q_{\text{см}}$ – маса суміші в опоці, кг;

Масу суміші в опоці визначаємо за наступною формулою:

$$Q_{\text{сум}} = A \cdot B \cdot H \cdot \delta, \quad (5.2)$$

де $Q_{\text{сум}}$ – маса суміші в опоці, кг;

A – довжина опоки, см;

B – ширина опоки, см;

H – висота опоки, см;

δ – ступінь ущільнення суміші в опоці, г/см³; ($\delta = 1,65 \dots 1,75$ г/см³).

Підставивши значення у формулу (5.2) отримаємо:

$$Q_{\text{см}} = (120 + 80)20 \cdot 1,6 = 640 \text{ кг}$$

$Q_{\text{мод}}$ – маса модельної плити; (За ГОСТ 20100-74 обираємо модельну плиту, маса якої становить $Q_{\text{мод}} = 110$ кг); [5];

Підставивши отримані данні в формулу 5.1 розраховую масу корисного навантаження:

$$Q_1 = 280 + 640 + 110 = 1030 \text{ кг}$$

5.3 Визначення маси рухомих частин машини

Масу рухомих частин машини визначаю за формулою :

$$Q_2 = k \cdot Q_1 \quad (5.3)$$

де Q_2 - маса рухомих частин, кг;

k - коефіцієнт який залежить від маст корисного навантаження
вибираю з довідника [6]: $k = 1,25$;

Q_1 - маса корисного навантаження, кг;

$$Q_2 = 1,25 \cdot 1030 = 1287 \text{ кг}$$

5.4 Визначення загальної вантажопідйомності струшувального механізму

Загальну вантажопідйомність струшувального механізму
визначаю за формулою :

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (5.4)$$

де Q - загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг;

Q_1 - маса корисного навантаження, кг;

Q_2 - маса рухомих частин, кг;

$$Q = 1030 + 1287 = 2317, \text{ кг}$$

5.5 Визначення сили тертя при переміщенні поршня

Сила тертя при переміщенні поршня визначаю за формулою :

$$R = k_1 \cdot Q \quad (5.5)$$

де R – сила тертя при переміщенні поршня, кг;
 k_1 – коефіцієнт який залежить від вантажопід'ємності машини.
 За рекомендаціями [6] складає $k_1 = 0,15 \dots 0,25$. Приймаємо $k_1 = 0,25$
 Q – загальна вантажопід'ємність струшувального механізму, кг.

Підставивши значення у формулу (5.5) отримаємо:

$$R = 0,25 \cdot 2317 = 579 \text{ кг};$$

5.6 Визначення площі струшувального поршня

Площу струшувального поршня визначаю за формцлою :

$$F = \frac{Q+R}{p_0-1}, \quad (5.6)$$

де F - площа струшувального поршня, см^2 ;

Q - загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг;

R - сила тертя;

p_0 - тиск повітря в мережі, $\text{кг}/\text{см}^2$;

Підставивши значення у формулу (3.6) отримаємо:

$$F = \frac{2317+579}{5-1} = 724 \text{ см}^2$$

5.7 Визначення діаметру поршня

Діаметр поршня визначаю за формулою :

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (5.7)$$

де D - діаметр поршня, см;

F - площа струшувального поршня, см²;

Підставивши значення у формулу (5.7) отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 724}{3,14}} = 30,4 \text{ см}; \quad D \approx 320 \text{ мм}$$

5.8 Будуємо індикаторну діаграму струшуючого механізму

Висота підйому струшувального поршня відповідно рекомендації [6] складає $S=40 \dots 120 \text{ мм}$. Приймаємо $S=65 \text{ мм}=6,5 \text{ см}$.

5.8.1 Визначаємо координати т.1, яка відповідає початку руху поршня.

Тиск повітря в т.1, початок руху поршня, визначаємо за наступною формулою:

$$P_1 = 1 + \frac{Q+R}{F} \quad (5.8)$$

де P_1 - Тиск повітря в T_1 ; кг/см²

Q - загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг;

R - сила тертя; кг

F - площа струшувального поршня, см²;

Підставивши значення у формулу (3.8) отримаємо:

$$P_1 = 1 + \frac{2317+579}{724} = 5 \text{ кг/см}^2$$

5.8.2 Визначаємо висоту підйому поршня по наступній формулі:

$$S_1 = S_0 \quad (5.9)$$

де S_1 – координати т.1, яка відповідає початку руху поршня см;
 S_0 – висота шкідливого простору, см.
 Для струшувальної машини з поршневим розподіленням, за рекомендаціями[7], висота шкідливого простору дорівнює:

$$S_0 = (0,75 \dots 1) \cdot S \quad (5.10)$$

де S_0 – висота шкідливого простору, см;

S – висота підйому поршня, см.

Підставивши значення у формулу (5.10) отримаємо:

$$S_0 = 1 \cdot S = S, \text{ см}$$

Підставивши значення у формулу (5.9) отримаємо:

$$S_1 = S_0 = 6,5 \text{ см}$$

5.8.3 Визначаємо координати т.2, яка відповідає закриттю впускного отвору.

По практичним даним Аксьонова [6] тиск повітря в т.2, яка відповідає закриттю впускного отвору повинен бути:

$$P_2 = P_1 + 1 \quad (5.11)$$

де P_2 - тиск повітря у T_2 кг/см²;

P_1 -тиск повітря у T_1 , кг/см²;

Підставивши значення у формулу (5.11) отримаємо:

$$P_2 = 5 + 1 = 6 \text{ кг/см}^2$$

5.8.4 Знаходжу висоту підйому столу в T_2

$$S_2 = S_0 + S_e \quad (5.12)$$

де S_2 - висоту підйому столу в T_2 , см

S_0 - початкове положення поршня, см

S_e - шлях наповнення.

Шлях наповнення відповідно рекомендаціям Аксьонова [6] визначається по наступній формулі:

$$S_e = (0.4 \dots 0.5) \cdot S \quad (5.13)$$

де S_e – шлях наповнення, см;

S – висота підйому поршня, см.

Підставивши значення у формулу (5.13) отримаємо:

$$S_e = 0,5 \cdot 6,5 = 3,25 = 3,3 \text{ см}$$

Підставивши значення у формулу (3.12) отримаємо:

$$S_2 = 6.5 + 3.3 = 9.8 \text{ см}$$

5.8.5 Шлях розширення по рекомендації [6] визначаємо по наступній формулі:

$$S_r = (0,2 \dots 0,4) \cdot S_e \quad (5.14)$$

де S_r – шлях розширення, см;

S_e – шлях наповнення, см.

Підставивши значення у формулу (5.14) отримаємо:

$$S_r = 0,2 \cdot 3,3 = 0,7 \text{ см}$$

5.8.6 Визначаємо висоту підйому поршня по наступній формулі:

$$S_3 = S_0 + S_e + S_r \quad (5.15)$$

де: S_2 - висоту підйому столу в T_2 , см;

S_r - шлях розширення, см

S_e - шлях наповнення, см

S_0 - висота шкідливого простору, см

Підставивши значення у формулу (5.15) отримаємо:

$$S_3 = 6.5 + 3.3 + 0.7 = 10.5 \text{ см}$$

5.8.7 Визначаємо координати т.3, яка відповідає відкриттю впускного отвору.

Тиск повітря в т.3, відкриття впускного отвору, визначається за наступною формулою:

$$P_3 = P_2 \left(\frac{S_0 + S_e}{S_0 + S_e + S_r} \right)^{1.41} \quad (5.16)$$

де P_3 - тиск повітря у T_3 , кг/см²;

P_2 - тиск повітря у T_2 , кг/см²;

S_0 - висота шкідливого простору, см;

S_e - шлях наповнення, см;

S_r - шлях розширення, см;

Підставивши значення у формулу (5.16) отримаємо:

$$P_3 = 6 \left(\frac{6.5 + 3.3}{6.5 + 3.3 + 0.7} \right)^{1.41} = 5.44 \text{ кг/см}^2$$

5.8.8 Визначаємо висоту підйому поршня по наступній формулі:

$$S_4 = S_0 + S_e + S_r + S_i = S_0 + S \quad (5.17)$$

де S_4 —відкриття вихлопного отвору, см;

S_0 — висота шкідливого простору, см;

S_e — шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см;

S_i – шлях поршня по інерції, см;

S – висота підйому поршня, см.

Підставивши значення у формулу (5.17) отримаємо:

$$S_4 = 6,5 + 6,5 = 13, \text{ см}$$

5.8.9 Визначаємо координати т.4, яка відповідає максимальній висоті підйому струшувального поршня.

Тиск повітря в т.4, максимальна висота підйому струшувального поршня, по практичним даним [7] повинно складати:

$$P_4 = 1 + (0,2 \dots 0,3) \quad (5.18)$$

де P_4 – тиск повітря в т.4, максимальна висота підйому струшувального поршня, кг/см².

Підставивши значення у формулу (3.18) отримаємо:

$$P_4 = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ кг/см}^2$$

5.8.10 Визначаємо координати т.5, яка відповідає закриттю вихлопного отвору.

Тиск повітря в т.5, закриття вихлопного отвору, по практичним даним [6] повинно складати:

$$P_5 = 1 + (0,1 \dots 0,15) \quad (5.19)$$

де P_5 – тиск повітря в т.5, закриття вихлопного отвору, кг/см².

Підставивши значення у формулу (5.19) отримаємо:

$$P_5 = 1 + 0,1 = 1,1 \text{ кг/см}^2$$

5.8.11 Значення на яке опускається поршень в т.5 відповідає значенню в т.3:

$$S_5 = S_3 \quad (5.20)$$

де S_5 - висоту підйому столу в T_5 , см;

S_3 - висоту підйому столу в T_3 , см;

$$S_5 = 10.5 \text{ см}$$

5.8.12 Визначаємо координати т.6, яка відповідає відкриттю впускного отвору.

Тиск повітря в т.6, відкриттю впускного отвору, визначається за наступною формулою:

$$P_6 = P_5 \left(\frac{S_0 + S_e + S_r}{S_0 + S_e} \right)^{1.41} \quad (5.21)$$

де P_6 - тиск повітря у T_6 , кг/см²;

P_5 - тиск повітря у T_5 , кг/см²;

S_0 - висота шкідливого простору см;

S_e - шлях наповнення, см;

S_r - шлях розширення, см;

Підставивши значення у формулу (5.21) отримаємо:

$$P_6 = 1.15 \left(\frac{6.5 + 3.3 + 0.7}{3.3 + 6.5} \right)^{1.41} = 1.27 \text{ кг/см}^2$$

5.8.13 Значення на яке опускається поршень в т.6 дорівнює висоті підйому струшувального поршня в т.2:

$$S_6 = S_2 = 9,8 \text{ см}$$

Будуємо індикаторну діаграму струшувального механізму формувальної машини (рис. 5.2).

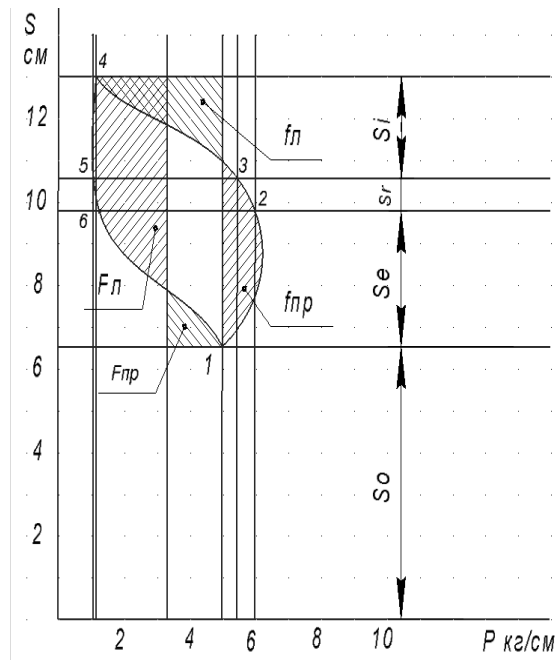


Рисунок 5.2 – Індикаторна діаграма струшувального механізму

5.9 Визначення площі індикаторної діаграми

$$F_{\text{лів}}=942 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{пр}}=59 \text{ мм}^2;$$

$$f_{\text{лів}}=487 \text{ мм}^2;$$

$$f_{\text{пр}}=253 \text{ мм}^2;$$

де $F_{\text{лів}}$ – площа на індикаторній діаграмі (рис. 5.2)

$F_{\text{прав}}$ – площа на індикаторній діаграмі (рис. 5.2)

$f_{\text{лів}}$ – площа на індикаторній діаграмі (рис. 5.2)

$f_{\text{прав}}$ – площа на індикаторній діаграмі (рис. 5.2)

5.10 Визначення питомої енергії удару

Питому енергію удару визначаємо за наступною формулою:

$$e = F_{\text{лів}} + F_{\text{пр}} \quad (5.22)$$

де e - енергія удару; $\text{кг} \cdot \text{см}/\text{см}^2$

$F_{\text{лів}}$ - площа зліва, мм^2 ;

$F_{\text{пр}}$ - площа справа, мм^2 ;

Підставивши значення у формулу (5.22) отримаємо:

$$e = \frac{942-59}{10 \times 10} = 8.83 \text{ см}/\text{см}^2$$

Визначаємо питому енергію удару на 1 кг падаючих частин.

Питому енергію удару на 1 кг падаючих частин машини визначаємо за наступною формулою:

$$e_0 = \frac{eF}{Q} \quad (5.23)$$

де e_0 – питома енергія удару, $\text{кг} \cdot \text{см}/\text{кг}$;

e - енергія удару; $\text{см}/\text{см}^2$

F - площа струшувального поршня, см^2 ;

Q - загальна вантажопідємність струшувального механізму, кг ;

Підставивши отримані дані в формулу 3.23 визначаю питома енергія удару.

$$e_0 = \frac{8.83 \cdot 505}{1616} = 2.75 \text{ кг} \cdot \text{см}/\text{кг}$$

5.11 Визначення питомої енергії відображення

Питому енергію відбиття визначаємо за наступною формулою:

$$e' = f_{\text{лів}} + f_{\text{пр}} \quad (5.24)$$

де: e' - питома енергія відображення, $\text{кг см} / \text{см}^2$;

$f_{\text{лів}}$ – площа зліва, мм^2 ;

$f_{\text{пр}}$ – площа справа, мм^2 ;

Підставивши значення у формулу (5.24) отримаємо:

$$e' = \frac{487-253}{10 \cdot 10} = 2.34 \text{ кг см} / \text{см}^2$$

Визначаємо питому енергію відбиття на 1 кг падаючих частин.

Питому енергію відбиття на 1 кг падаючих частин визначаємо за наступною формулою:

$$e_0' = \frac{e'F}{Q} \quad (5.25)$$

де e_0' - енергія відображення, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{кг}$;

e' - питома енергія відображення, $\text{кг см} / \text{см}^2$;

F - площа струшувального поршня, см^2 ;

Q - загальна вантажопідємність струшувального механізму, кг;

Підставивши значення у формулу (5.25) отримаємо:

$$e_0' = \frac{2.34 \cdot 505}{1616} = 0.73 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{кг}$$

5.12 Визначення енергії відображення до енергії витрат

Відношення енергії відображення до енергії витрат визначаємо за наступною формулою:

$$e^* = \frac{e'}{e} \cdot 100 \quad (5.26)$$

де: e^* - енергії відображення до енергії витрат, %;

e' - питома енергія відображення, $\text{кг см} / \text{см}^2$;

e - питома енергія удару, $\text{см} / \text{см}^2$;

Підставивши значення у формулу (5.26) отримаємо:

$$e^* = \frac{2.34}{5.97} \cdot 100 = 26.5\%$$

5.13 Визначення коефіцієнта енергії, що передається столу

Коефіцієнт використання енергії, яка надається струшувальному столу, визначаємо за наступною формулою:

$$\eta = \frac{e_0}{S} \quad (5.27)$$

де: η - коефіцієнта енергії, що передається столу;

e_0 - енергія удару, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{кг}$;

S - висота підйому столу, см;

Підставивши значення у формулу (5.27) отримаємо:

$$\eta = \frac{2.75}{6.5} = 0.42$$

5.14 Визначення витрати повітря на 1 удар

Витрати стисненого повітря на один удар струшування визначаємо за наступною формулою:

$$V_n = F(S_0 + S_e + S_r)(P_3 - P_5)10^{-6} \quad (5.28)$$

де: V_n - витрати повітря на 1 удар, м³;

F - площа струшувального поршня, см²;

S_0 - початкове положення поршня см;

S_e - шлях наповнення, см;

S_r - шлях розширення, см;

P_3 – тиск повітря в т.3, відкриття впускного отвору, кг/см²;

P_5 – тиск повітря в т.5, закриття вихлопного отвору, кг/см².

Підставивши значення у формулу (3.28) отримаємо:

$$V_n = 505(6.5 + 3.3 + 0.7)(5.44 - 1.15)10^{-6} = 0.023 \quad \text{м}^3$$

5.15 Визначаємо продуктивність одного літра повітря

$$e_v = \frac{eF}{V_n} \quad (5.29)$$

де e_v – продуктивність 1 кубічного дециметра повітря, Дж/дм³;

e – питома енергія удару, кг·см/см²;

F – площа поршня, м²;

V_B – витрати стисненого повітря на 1 удар стола, м³.

Підставивши значення у формулу (5.29) отримаємо:

$$e_v = \frac{8.83 \cdot 10^3 \cdot 0.0505}{0.023} = 193 \cdot 10^2 \text{ Дж/м}^3$$

5.16 Побудова альтернативних варіантів індикаторних діаграм

Змінюючи висоту підйому столу виконую ще два аналогічні розрахунки як в попередніх пунктах 5.8-5.15, та будує ще дві індикаторні діаграми. Результат розрахунків заносу до таблиці 5.1

5.16.1 Розрахунок №1: S= 5.5

$$P_1 = 1 + \frac{2317+579}{724} = 5 \text{ кг/см}^2$$

$$S_0 = 1 \cdot 5.5 = 5.5 \text{ см}$$

$$S_1 = 5.5 \text{ см}$$

$$P_2 = 5 + 1 = 6 \text{ кг/см}^2$$

$$S_e = 0.5 \cdot 5.5 = 2.75 \text{ см}$$

$$S_2 = 5.5 + 2.75 = 8.25 \text{ см}$$

$$S_r = 0.3 \cdot 2.75 = 0.85 \text{ см}$$

$$S_3 = 5.5 + 2.75 + 0.85 = 9.1 \text{ см}$$

$$P_3 = 6 \left(\frac{5.5+2.75}{5.5+2.75+0.85} \right)^{1.41} = 5.22 \text{ кг/см}^2$$

$$S_4 = 5.5 + 5.5 = 11 \text{ см}$$

$$P_4 = 1 + 0.2 = 1.2 \text{ кг/см}^2$$

$$P_5 = 1 + 0.1 = 1.1 \text{ кг/см}^2$$

$$S_5 = 9.1 \text{ см}$$

$$P_6 = 1.1 \left(\frac{5.5+2.75+0.85}{5.5+2.75} \right)^{1.41} = 1.26 \text{ кг/см}^2$$

$$S_6 = 8.25 \text{ см}$$

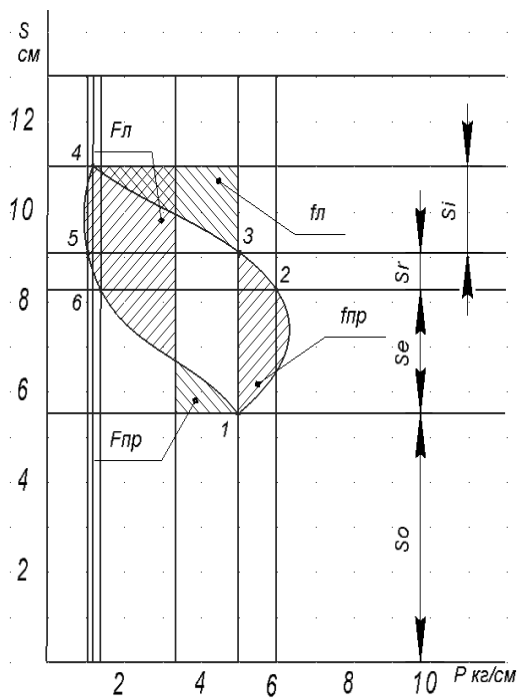


Рисунок 5.3 – Індикаторна діаграма струшувального механізму
($S = 5,5$ см)

$$F_{\text{лів}} = 885 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{пр}} = 27 \text{ мм}^2;$$

$$f_{\text{лів}} = 436 \text{ мм}^2;$$

$$f_{\text{пр}} = 247 \text{ мм}^2;$$

$$e = \frac{885 - 27}{10 \times 10} = 8.58 \text{ см/см}^2$$

$$e_0 = \frac{8.58 \cdot 505}{1616} = 2.68 \text{ кг} \cdot \text{см/кг}$$

$$e' = \frac{436 - 247}{10 \cdot 10} = 1.89 \text{ кг см/см}^2$$

$$e'_0 = \frac{1.89 \cdot 505}{1616} = 0.59 \text{ кг} \cdot \text{см/кг}$$

$$e^* = \frac{1.89}{8.58} \cdot 100 = 22.02\%$$

$$\eta = \frac{2.68}{5.5} = 0.48$$

$$V_n = 505(5.5 + 2.75 + 0.85)(5.22 - 1.1)10^{-6} = 0.018 \quad \text{м}^3$$

$$e_v = \frac{8.58 \cdot 10^3 \cdot 0.0505}{0.018} = 240 \cdot 10^2 \text{ Дж/м}^3$$

5.16.2 Розрахунок №2: S= 8

$$P_1 = 1 + \frac{2317+579}{724} = 5 \text{ кг/см}^2$$

$$S_0 = 0.9 \cdot 8 = 7.2 \text{ см}$$

$$S_1 = 7.2 \text{ см}$$

$$P_2 = 5 + 1 = 6 \text{ кг/см}^2$$

$$S_e = 0.5 \cdot 8 = 4 \text{ см}$$

$$S_2 = 7.2 + 4 = 11.2 \text{ см}$$

$$S_r = 0.2 \cdot 4 = 0.8 \text{ см}$$

$$S_3 = 7.2 + 4 + 0.8 = 12 \text{ см}$$

$$P_3 = 6 \left(\frac{7.2+4}{7.2+4+0.8} \right)^{1.41} = 5.44 \text{ кг/см}^2$$

$$S_4 = 7.2 + 8 = 15.2 \text{ см}$$

$$P_4 = 1 + 0.2 = 1.2 \text{ кг/см}^2$$

$$P_5 = 1 + 0.1 = 1.15 \text{ кг/см}^2$$

$$S_5 = 12 \text{ см}$$

$$P_6 = 1.1 \left(\frac{7.2+4+0.8}{7.2+4} \right)^{1.41} = 1.26 \text{ кг/см}^2$$

$$S_6 = 11.2 \text{ см}$$

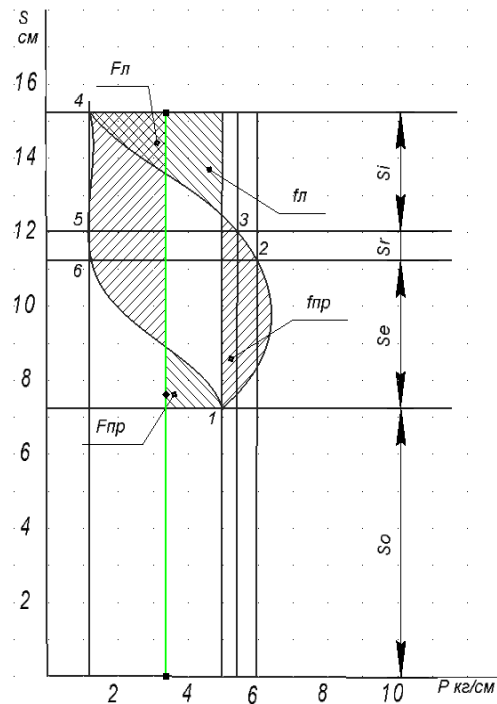


Рисунок 5.3 – Індикаторна діаграма струшувального механізму
($S = 8$ см)

$$F_{\text{лів}} = 1257 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{пр}} = 46 \text{ мм}^2;$$

$$f_{\text{лів}} = 711 \text{ мм}^2;$$

$$f_{\text{пр}} = 373 \text{ мм}^2;$$

$$e = \frac{1257 - 46}{10 \times 10} = 12.11 \text{ см}^2 / \text{см}^2$$

$$e_0 = \frac{12.11 \cdot 505}{1616} = 3.78 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{кг}$$

$$e' = \frac{711 - 373}{10 \cdot 10} = 3.38 \text{ кг см}^2 / \text{см}^2$$

$$e'_0 = \frac{3.38 \cdot 505}{1616} = 1.05 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{кг}$$

$$e^* = \frac{3.38}{12.11} \cdot 100 = 27\%$$

$$\eta = \frac{3.38}{8} = 0.48$$

$$V_n = 505(7.2 + 4 + 0.8)(5.44 - 1.15)10^{-6} = 0.025 \text{ м}^3$$

$$e_v = \frac{12.11 \cdot 10^3 \cdot 0.0505}{0.025} = 244 \cdot 10^2 \text{ Дж/м}^3$$

Таблиця 5.1 – порівняння параметрів струшу вального механізму

№	s	S ₀	S _e	S _r	P ₁	F	e	e'	V _n	e _v	η	Пр.
1	6.5	6.5	3.3	0.7	5	724	8.38	2.34	0.023	193 · 10 ²	0.42	
2	5.5	5.5	2.75	0.85	5	724	8.58	1.89	0.018	240 · 10 ²	0.48	Опт.
3	8	7.2	4	0.8	5	724	12.11	3.38	0.025	244 · 10 ²	0.47	

Порівнюючи e, e_v, η, V_n обираю для подальшого розрахунку данні розраховані для підйому стола на висоту S=5.5 см.

5.17 Визначення перерізу впускного і випускного отворів

$$V_{1-2} = V_k - V_{\text{поч}} \quad (5.30)$$

де V₁₋₂ – кількість повітря яке проходить в циліндр через впускний отвір, м³;

V_k – кінцева кількість повітря в об'ємі шкідливого простору, м³;

V_п – початкова кількість повітря в струшувальному циліндрі, м³.

Визначаємо початкову кількість повітря в струшувальному циліндрі за наступною формулою:

$$V_k = F(S_0 + S_e) \frac{P_2}{P_0} \quad (5.31)$$

де: F- площа струшувального поршня, см²;

S₀- початкове положення поршня см;

S_e - шлях наповнення, см;

P₂- тиск повітря в T₂, кг/см²;

P_0 - тиск повітря в мережі цеху, кг/см²;

Підставивши значення у формулу (5.31) отримаємо:

$$V_k = 724(5.5 + 2.75) \frac{6}{5} = 7167 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{поч}} = FS_0 \frac{K_1}{P_0} \quad (5.32)$$

де: F - площа струшувального поршня, см²;

S_0 - початкове положення поршня см;

P_0 - тиск повітря в системі цеху, кг/см²;

Підставивши значення у формулу (5.32) отримаємо:

$$V_{\text{поч}} = 724 \cdot 5.5 \frac{4.86}{5} = 3870,5 \text{ см}^3$$

Підставивши отримані данні в фармулу 5.30 отримаємо:

$$V_{1-2} = 7167 - 3870.5 = 3296.5 \text{ см}^3 = 0.003296 \text{ м}^3$$

5.18 Визначаю площу перетину впускного отвору

Площу перетину впускного отвору визначаємо за наступною формулою:

$$f_{\text{вп}} = \frac{V_{1-2}}{C_{\text{вп}} t_{\text{вп}}} \quad (5.33)$$

де $f_{\text{вп}}$ – площа перетину впускного отвору; см²

V_{1-2} - повітря що потрапило на ділянці 1-2; м³

$C_{\text{вп}}$ - швидкість повітря. М/с. Згідно рекомендації [6]:

$C_{\text{вп}} = (15 \dots 25 \text{ М/с})$ приймаю $C_{\text{вп}} = 20 \text{ М/с}$

$t_{\text{вп}}$ - час випуску повітря, с. Згідно рекомендації [6]:

$t_{\text{вп}} = (0.2 \dots 1.0 \text{ с})$

Приймаю $t_{\text{вп}} = 0.2 \text{ с}$

Підставивши значення у формулу (5.33) отримаємо:

$$f_{\text{вп}} = \frac{0.002299}{20 \cdot 0.2} = 8.2 \text{ см}^2$$

Площу впускного отвору приймають на 10...20% більшою ніж розрахункова. З урахуванням забруднення впускного отвору.

$$f_{\text{вп}} = 8.2 \cdot 1.2 = 9.84 \text{ см}^2$$

Визначення діаметру впускного отвору

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вх}}}{\pi}} \quad (5.34)$$

де D - діаметр впускного отвору; см

$f_{\text{вх}}$ – площа перетину впускного отвору; см²

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 9.84}{\pi}} = 3.54 \text{ см} \approx 32 \text{ мм}$$

5.19 Визначаємо площу перетину впускного отвору

Площу перетину вихлопного отвору визначаємо за наступною формулою:

$$f_{\text{вип}} = 3f_{\text{вп}} \quad (5.35)$$

де $f_{\text{вип}}$ – площа перетина впускного отвору, см²;

$f_{\text{вп}}$ - площа перетина впускного отвору, см²;

$$f_{\text{вип}} = 3 \cdot 9.84 = 29.52 \text{ см}^2$$

Визначаємо діаметр вихлопного отвору.

Діаметр вихлопного отвору визначаємо за наступною формулою:

$$D_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вих}}}{\pi}} \quad (5.36)$$

де $D_{\text{вих}}$ – діаметр вихлопного отвору, мм;

$f_{\text{вих}}$ – площа перетину вихлопного отвору, см^2 .

Підставивши значення у формулу (5.36) отримаємо:

$$D_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29.52}{3.14}} = 6.13 \text{ см} = 60 \text{ мм}$$

5.20 Розрахунок поршня на міцність в небезпечному перерізі

Небезпечний переріз струшувального механізму показано на рис.5.4

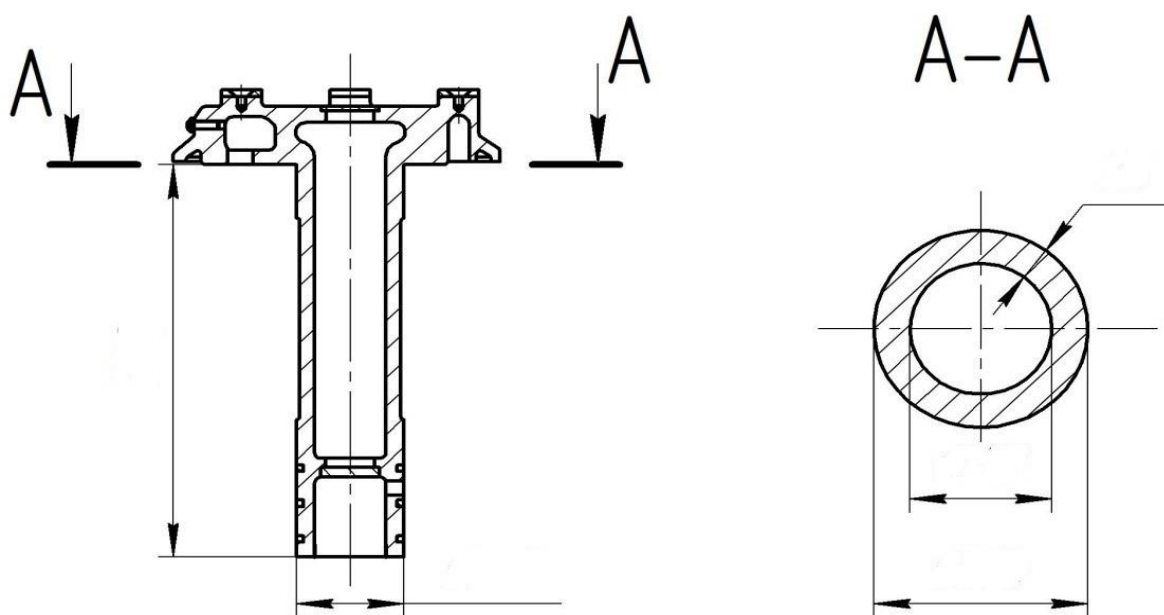


Рисунок 5.4 – Небезпечний переріз струшувального механізму формувальної машини.

Максимальне напруження в небезпечному перерізі визначимо за формулою:

$$\sigma_{max} = 2 \sqrt{\frac{E}{F_{AA} \cdot L} \cdot G_n \cdot e_0}, \quad (5.37)$$

де σ_{max} – максимальне напруження в небезпечному перерізі, кг/см²;
 E – модуль Юнга (пружності матеріалу), кг/см²;
 для сталі модуль Юнга становить $E=2,2 \cdot 10^6$ кг/см² [4];
 F_{AA} – площа небезпечного перерізу, см²;
 L – довжина поршня до небезпечного перерізу, см;
 Відповідно рекомендаціям [6] довжина поршня до небезпечного перерізу становить $L= (1,5...2,0)D$. Приймаємо: $L=2,0D$.
 G_n – маса поршня нижче небезпечного перетину, кг;
 e_0 – питома енергія удару на 1кг падаючих частин, кг · см/кг.

Площу небезпечного перерізу F_{AA} визначаємо за формулою:

$$F_{AA} = \frac{\pi(D_{зв}^2 - D_{вн}^2)}{4}, \quad (5.38)$$

де F_{AA} – площа небезпечного перерізу, см²;
 $D_{зв}$ – зовнішній діаметр поршня, см;
 $D_{вн}$ – внутрішній діаметр поршня, см.

Товщину стінки поршня приймаємо рівною 3 см.

Підставивши значення в формулу (5.38) отримаємо:

$$F_{AA} = \frac{3,14 \cdot (32^2 - 26^2)}{4} = 254 \text{ см}^2$$

Масу поршня нижче небезпечного перерізу визначаємо за формулою:

$$G_n = \rho \cdot V_n, \quad (5.39)$$

де G_n – маса поршня нижче небезпечного перетину, кг;

ρ – щільність матеріалу поршня, кг/м³;

для сталі щільність становить $\rho=7800$ кг/м³ [8];

V_n – об'єм поршня нижче небезпечного перетину, м³;

Об'єм поршня нижче небезпечного перетину визначаємо за формулою:

$$V_n = F_{AA} \cdot L, \quad (5.40)$$

де V_n – об'єм поршня нижче небезпечного перетину, см³;

F_{AA} – площа небезпечного перерізу, см²;

L – довжина поршня до небезпечного перерізу, см; $L=2,0 \cdot 30=60$ см;

Підставивши значення в формулу (5.40) отримаємо:

$$V_n = 254 \cdot 60 = 15240 \text{ см}^3 \approx 0,015 \text{ м}^3$$

Підставивши значення в формулу (5.39) отримаємо:

$$G_n = 7800 \cdot 0,015 = 117 \text{ кг}$$

Підставивши значення в формулу (5.37) отримаємо:

$$\sigma_{max} = 2 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^6}{254 \cdot 60} \cdot 117 \cdot 2.68} = 4.25 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

Відповідно рекомендаціям [6] допустиме напруження для сталі становить: $[\sigma] = (3,6 \dots 6,0) \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$;

Максимальне напруження σ_{max} розрахованого поршня потрапляє в межі допустимих значень $(3.6 \leq 4.25 \leq 6.0) \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$, це свідчить про те, що машина з таким поршнем буде працездатною.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	77
Змн.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

6. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

6.1. Розрахунок чисельності виробничих робітників

Для визначення загальної чисельності промислово-виробничого персоналу на плановий період використовують метод коректування базової чисельності або метод розрахунку планової чисельності на підставі повної трудомісткості виготовлення продукції.

Таблиця 6.1 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	109
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	10
Номінальний фонд робочого часу, днів	246
Невиходи на роботу, днів	26
з них:	
відпустка	20
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	0,5
прогули	0,5
цілодобові простої	0
страйки	0
Явочний робочий час, днів	220
Середня тривалість робочого дня, год	7,9
Внутрішньозмінні втрати робочого часу та простої, год	0,3
Робочі години	7,6
Ефективний фонд робочого часу за рік, год	1672

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100 - k)}, \quad (6.1)$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хоменко			Організаційний розділ		
Перевір.		Лютин Р В					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						78	99
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		

де k – плановий відсоток невиходів на роботу (за даними табл. 6.1

$$k = \frac{26}{246} \cdot 100 = 10,6).$$

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100 - 10,6)} = 1,12$$

Таблиця 6.2 – Чисельність основних і допоміжних робітників цеху (дільниці)

Професія, спеціальність	Квалфіка- ційний розряд	Явочна чисельність по змінах			Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а	3-а			
Основні робітники							
Формувальник	3	2	-	-	2	1,12	2
Встановлювач стрижнів	3	2	-	-	2	1,12	2
Складальник	4	2	-	-	2	1,12	2
Заливальник	2	1	-	-	1	1,12	1
Вибивальник	3	1	-	-	1	1,12	1
Разом		8			8		8
Допоміжні працівники							
Крновик	3	2	-	-	2	1,12	2
Черговий слюсар- електрик	4	1	-	-	1	1,12	1
Вантажник	2	1	-	-	1	1,12	1
Разом		4	-	-	4		4
Усього робітників		12					12

6.2. Визначення фондів заробітної плати

Так як робітники мають різну кваліфікацію, тому оклад заробітної плати також у кожного різний. Коефіцієнти від яких залежить наведено у в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,350	1,531	1,800	1,892	2,0
Зростання тарифних коефіцієнтів: абсолютне відносне		0,088 8,8	0,116 10,7	0,146 12,1	0,181 13,4	0,269 1,7,6	0,092 5,1	0,108 5,7

Таблиця 6.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Керівники			
Начальник дільниці	1	19000	228000
Майстер	1	16000	192000
Разом			420000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)			
Комірник	2	9000	108000
Разом			108000
Усього по цеху (дільниці)			528000

Таблиця 6.5 – Розрахунок фонду заробітної плати основних і допоміжних робітників

Професія, спеціальність	Кваліфіка- ційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, тис. грн.	Розрахунок додаткової заробітної плати, тис. грн					Загальний фонд заробітної плати, тис. грн.
				Одного робітника	Усіх		Надбавки та доплати				Разом	
							Премії (40% від основ- ної заробіт- ної плати)	За роботу в особливих умовах (18%)	Оплата відпущо- к (12%)	Інші доплати та надбавки (12%)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основні (технологічні) робітники												
Формувальник	3	79,78	2	1840	3680	293,6	117,4	52,8	35,2	35,2	240,6	534,2
Встановлювач стрижнів	3	79,78	2	1840	3680	293,6	117,4	52,8	35,2	35,2	240,6	534,2
Складальник	4	89,45	2	1840	3680	329,2	131,7	59,3	39,5	39,5	270,0	599,2
Заливальник	2	72,09	1	1840	1840	132,6	53,0	23,9	15,9	15,9	108,7	241,3
Вибивальник	3	79,78	1	1840	1840	146,8	58,7	26,4	17,6	17,6	120,3	267,1
Разом			8			1195,8					980,2	2176
Допоміжні (обслуговуючі) робітники												
Крновик	3	41,63	2	1840	3680	153,2	61,28	27,6	18,4	18,4	125,7	278,9
Черговий слюсар- електрик	4	38,47	1	1840	1840	70,8	28,3	12,7	8,5	8,5	58,0	128,8
Вантажник	2	27,32	1	1840	1840	50,3	20,1	9,1	6,0	6,0	41,2	91,5
Разом			4			274,3					224,9	499,2
Усього по цеху (виробничій дільниці)						1470,1					1205,1	2675,2

6.3. Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці розраховують як відношення річного обсягу виробництва до облікового складу всіх працівників дільниці:

$$\Pi = \frac{G}{\sum \text{Ч}}, \quad (6.2)$$

де G – обсяг продукції, виготовленої цехом (дільницею) за рік, кг;

$\sum \text{Ч}$ – чисельність працівників усіх категорій (робітників, управлінського та обслуговуючого персоналу).

$$\Pi = \frac{256}{15} = 17,1 \text{ т/особу}$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

7. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

7.1. Розрахунок капітальний вкладень

Таблиця 7.1 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Усього, тис. грн
Основне технологічне устаткування					
Формувальна машина 268	1	500	500	80	580
Вибивна решітка 422М	1	650	650	90	740
Разом основне технологічне устаткування					1320
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Мостовий кран	2	750	1500	120	1740
Стрічковий конвеєр	2	400	800	32	864
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					2604
Загалом по цеху (виробничій ділянці)					3924

Середній поточний запас ($З_{\text{м}}$) визначається за формулою:

$$З_{\text{м}} = M_{\text{д}} \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2}, \quad (7.1)$$

де $M_{\text{д}}$ – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн;

$T_{\text{пост}}$ – інтервал між поставками матеріалів у днях (приймається в межах 15-30 днів).

$$З_{\text{м}} = 16333 \cdot \frac{20}{2} = 163333 \text{ грн.}$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хоменко			Економічний розділ		
Перевір.		Лютый Р В					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						83	99

Загальний річний норматив оборотних коштів ($H_{\text{заг}}$) по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_{\text{м}} \quad (7.2)$$

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot 163333 = 245000$$

Після цього розраховую загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 7.2).

Капітальні вкладення в виробничі будівлі:

$$K_{\text{в}} = 2675 \cdot 1536 = 4108000 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в побутові будівлі:

$$K_{\text{п}} = 120 \cdot 3800 = 456000 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.2 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі:		
1.1. Виробничі	4108	47,1
1.2. Побутові	456	5,2
2. Устаткування		
2.1. Основне технологічне	1320	15,1
2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне	2604	29,8
3. Норматив оборотних засобів	245	2,8
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	8733	100%

7.2. Визначення планової собівартості одиниці продукції

Витрати на електроенергію визначаємо, виходячи із вартості 1 кВт·год електроенергії, що складає 1,56 грн/кВт·год:

$$C_{\text{е}} = 4\,000\,000 \cdot 1,56 = 6240000 \text{ грн.}$$

Вартість води визначаємо з розрахунку 22,92 грн. за 1 м³ :

$$Cв = 22,92 \cdot 11000 = 252120 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) – це обов’язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2016 р. ставка ЄСВ складає 22 % від загального фонду заробітної плати по цеху.

$$ЄСВ = 2176000 \cdot 0,22 = 478720 \text{ грн.}$$

Утримання та експлуатація устаткування становить 100% від Основної заробітної плати технологічних робітників.

$$У = 1195800 \cdot 1 = 1195800 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати встановлюють на рівні 100% від величини основна заробітна плата технологічних робітників.

$$ЗВ = 1195800 \cdot 1 = 1195800 \text{ грн}$$

Для підприємств загальногосподарські витрати становлять 50% від основної заробітної плати технологічних робітників.

$$ЗГ = 1195800 \cdot 0,5 = 597900 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку та освоєння виробництва становлять 30% від величини статті основної заробітної плати технологічних робітників.

$$ВП = 1195800 \cdot 0,3 = 358740 \text{ грн.}$$

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		85

Позавиробничі витрати становлять близько 5% від виробничої собівартості.

$$ПВ = 13761114 \cdot 0,05 = 688055 \text{ грн.}$$

На основі виконаних розрахунків складаю планову калькуляцію собівартості продукції (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму	Примітки
1. Сировина та матеріали					
1.1 сталевий брухт	т.	200,3	4320	865296	
1.2 ЗВВ	т.	116,5	1400	163100	
1.3 чавун переробний	т.	10,0	91,2	9758	
1.4 феросиліцій ФС45	т.	2,6	162,8	423	
1.5 феромарганець ФМн 1,5	т.	2,6	184,8	480,5	
1.6 алюміній А88 для розкислення	т.	0,7	91,3	63,91	
2. Паливо та енергія на технологічні цілі (енергоносії)				6720000	
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				1195800	
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників				980200	
5. Єдиний соціальний внесок				478720	
6. Утримання та експлуатація устаткування				1195800	
7. Загальновиробничі витрати				1195800	
8. Загальногосподарські витрати				597900	
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва				358740	
10. Позавиробничі витрати				688055	
Повна собівартість річної програми				14449169	

7.3. Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Трудовісткість продукції визначається як відношення витраченої кількості праці до загального обсягу виробленої продукції. Менш точно

технологічну трудомісткість (t) у нормо-годинах можна розрахувати за формулою:

$$t = \frac{\chi_{oc} \cdot \Phi_{ef}^{пл}}{G}, \quad (7.3)$$

де χ_{oc} – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;

$\Phi_{ef}^{пл}$ – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік, год.;

G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = \frac{8 \cdot 1840}{256} = 57, \text{ нормо} \cdot \text{год}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ($\Pi_{ок}$).

$$\Pi_{ок} = \frac{K_{заг}}{\Gamma\Pi_p} < \Pi_{ок}^н, \quad (7.4)$$

де $\Gamma\Pi_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

$\Pi_{ок}^н$ – нормативний період окупності, років.

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого об'єкту:

$$\Gamma\Pi_p = 0,82 \cdot (\Pi - C_{п}) \cdot G + \sum A, \quad (7.5)$$

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

Ц – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

С_п – повна собівартість одиниці продукції, грн;

Σ А – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

$$\Gamma\P_p = 0,82 \cdot (69000 - 67496) \cdot 256 + 43242 = 358962 \text{ , грн}$$

$$\Pi_{\text{ок}} = \frac{873300}{358962} = 2,5 \text{ , роки}$$

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних засобів по 16-ом групам та передбаченого мінімального терміну їхньої експлуатації (табл. 7.4).

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		88

Таблиця 7.4 – Групи основних засобів та мінімальні терміни їхньої експлуатації

Групи	Мінімально допустимі строки корисного використання, років	Річна норма амортизації, %
група 1 – земельні ділянки	Амортизація не нараховується	
група 2 – капітальні витрати на поліпшення земель, не пов'язані з будівництвом	15	5
група 3 – будівлі	20	5
споруди	15	5
передавальні пристрої	10	10
група 4 – машини та обладнання	5	20
з них		
електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичного оброблення інформації, пов'язані з ними засоби зчитування або друку інформації, пов'язані з ними комп'ютерні програми (крім програм, витрати на придбання яких визнаються роялті, та/або програм, які визнаються нематеріальним активом), інші інформаційні системи, комутатори, маршрутизатори, модулі, модеми, джерела безперебійного живлення та засоби їх підключення до телекомунікаційних мереж, телефони (в тому числі стільникові), мікрофони і рації, вартість яких перевищує 2500 гривень	2	50
група 5 – транспортні засоби	5	20
група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі)	4	25
група 7 – тварини	6	15
група 8 – багаторічні насадження	10	10
група 9 – інші основні засоби	12	5
група 10 – бібліотечні фонди	-	50
група 11 – малоцінні необоротні матеріальні активи	-	50
група 12 – тимчасові (не титульні) споруди	5	20
група 13 – природні ресурси	Амортизація не нараховується	
група 14 – інвентарна тара	6	15
група 15 – предмети прокату	5	20
група 16 – довгострокові біологічні активи	7	10

Перелік типових порівняльних техніко-економічних показників наведені у таблиці 7.5

Таблиця 7.5 – Порівняльні техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення по варіантам	
		Базовий (підприємство-аналог)	Спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції (G)	т, шт	250	256
2. Загальна площа цеху (дільниці)	м ²	1500	1536
3. Виробнича площа цеху (дільниці)	м ²	843	927
4. Капіталомісткість продукції (K_G)	$\frac{\text{грн}}{\text{т}}$ ($\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$)	3457	3269
5. Загальна чисельність у тому числі: основний (технологічний) персонал допоміжний (технологічний) персонал управлінський та обслуговуючий персонал	осіб	20	12
6. Загальний річний фонд заробітної плати	грн	3956655	2675200
7. Середньомісячна заробітна плата одного працівника	грн	16486	18577
8. Річний виробіток на одного працівника (продуктивність праці)	$\frac{\text{т}}{\text{особу}}$ ($\frac{\text{шт}}{\text{особу}}$)	16,0	17,1
9. Технологічна трудомісткість продукції (t)	$\frac{\text{нормо} - \text{годин}}{\text{т (шт)}}$	23	57
7. Період окупності ($P_{\text{ок}}$)	років	3,9	2,5

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Метою даного розділу є виявлення та оцінка потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях. розробка заходів та засобів їх усунення на формувальній ділянці.

8.1 Загальна характеристика умов праці на формувальній ділянці.

Параметри приміщення наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 - Параметри приміщення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	24000мм×66000мм мм; S=1584 м ² ;	-
2	Кількість працівників	Працівники відділення	12
3	Природне освітлення	Вікна металопластикові вікна з профілю Mega line 500 3200мм×2000мм	11
4	Штучне освітлення	Світильник підвісний промисловий right hausen led 150w 6500K IP65	20

Обладнання і оснащення приміщення наведені в таблиці 8.2.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Хоменко						
Перевір.		Лютий Р В					91	99
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затверд.								

Таблиця 8.2 – Обладнання і оснащення ділянки

№ п/п	Назва	Розміри	Основні характеристики	Кількість	Номер на рис.
1	Формувальна машина моделі 268	2700×2020×3530 мм;	-матеріал: сталь -вага: 9000 кг	1	1
2	Вибивна решітка 422М	2170×2060×900 мм;	-матеріал: метал -напруга: 380 В -вага: 2360 кг	1	2
3	Рольганг	1500×30000 мм;	-матеріал: метал -напруга: 380 В	1	3
4	Пластинчастий конвеєр	1500×20000 мм;	-матеріал: метал -напруга: 380 В	1	4

План та розміри обладнання зображено на рисунку 8.1.

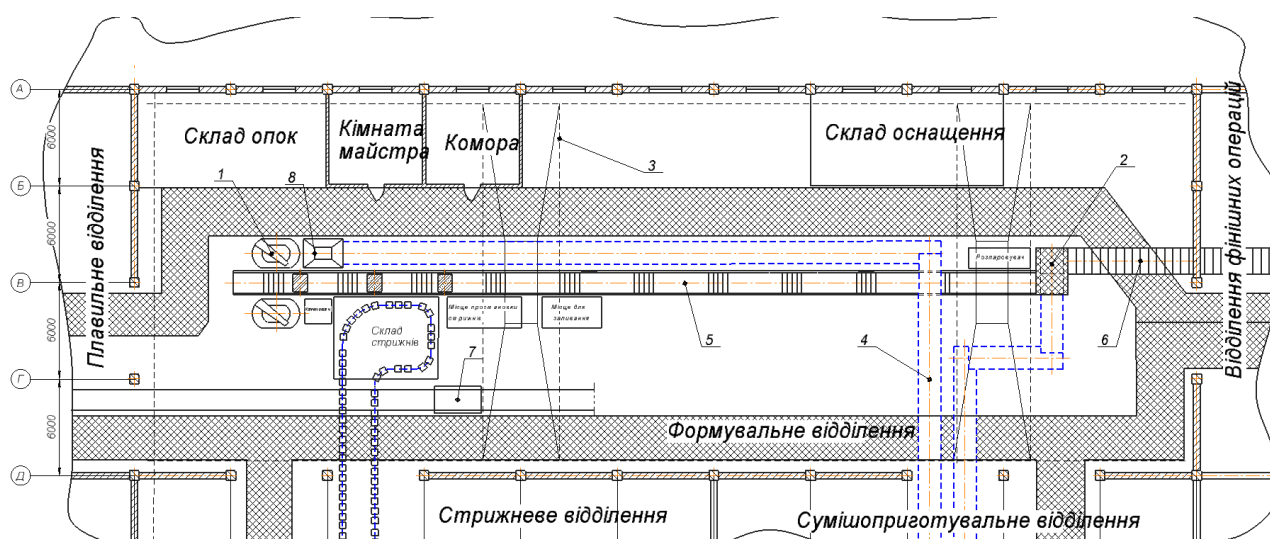


Рисунок 8.1 – План відділення

Таблиця 8.3. Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	26,8 м ²	4,5 м ²
2.	Об'єм на 1 працюючого	51,2 м ³	15 м ³
3.	Мінімальна ширина проходу	2,5 м	1,5 м

Таблиця 8.4. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при процесах

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори										Небезпечні виробничі фактори			
	Шкідливі речовини	Випромінювання в оптичному діапазоні			Електромагнітні поля	Магнітні поля	Вібрація	Шум	Запилення	Статичне навантаження на руку	Електричний струм	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	Механізми і вироби, що рухаються	Системи, які знаходяться під тиском,
		Ультрафіолетове	Видиме	Інфрачервоне										
Процес формування	-	-	-	-	-	-	хх	хх	-	х	-	-	хх	х
Вибивання виливків	-	-	-	-	-	-	хх	хх	х	-	х	-	хх	-
Заливання форм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	хх	х	х	-
Транспортування форм	-	-	-	-	-	-	-	х	-	-	х	-	х	-

Примітки: хх – інтенсивний фактор; х – помірний фактор; (-) – незначний фактор чи його відсутність

8.2 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення (нормалізації) умов праці на формувальній дільниці.

8.2.1 Фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів на формувальній дільниці.

8.2.1.1 Механізми і вироби що рухаються

Таблиця 8.5. Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Формувальна машина моделі 268	Формувальний стіл	Несправність струшувального механізму	Отримання фізичних травм
2	Вибивна решітка моделі 422М	Верхня робоча частина вибивного механізму решітки	Неправильно встановлена та закріплена основа, зношення фундаменту	Отримання фізичних травм

Таблиця 8.6. Заходи забезпечення охорони праці від механізмів і виробів що рухаються

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	Встановлення захисних кожухів	Уникнення прямого контакту з частинами що рухаються
2	Організаційні заходи	Проведення перевірок та інструктажів	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
4	Експлуатаційні	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом

8.2.1.2 Вібрація та шум.

Таблиця 8.7. Основні небезпеки пов'язані з шумом

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Формувальна машина моделі 268	Струшу вальний поршень та формувальний стіл	Виникнення великого шуму при роботі	Глухота, погане самопочуття
2	Вибивна решітка моделі 422М	Опоки та робоча частина решітки	Удар опок по робочій частині решітки під час вибивання	Глухота, погане самопочуття

Таблиця 8.8 - Реальні та нормативні фактори небезпеки які створюються у в технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Рівень шуму	75 дБА	<80 дБА

Таблиця 8.9 - Засоби та заходи захисту від шуму

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	захисні перегородки, використання спеціального фундаменту, встановлення амортизаторів на обладнання	Уникнення розповсюдження шуму та вібрації відділенням
2	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
3	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом
4	Засоби індивідуального захисту	Використання навушників ЗМ МТ17Н682	Забезпечити захисту органів слуху

8.2.1.3 Електронебезпека

Електричні фактори небезпеки та засоби захисту від електроураження. Небезпека ураження електричним струмом збільшується при невиконанні правил експлуатації електрообладнання, термінів ремонту обладнання. Дія електричного струму може викликати опіки, механічні ушкодження організму людини. Небезпека ураження може виникнути в результаті короткого замикання, іскріння, ушкодження ізоляції.

Таблиця 8.10 - Електричні джерела небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Пластинчастий конвеєр	Електродвигун	Пошкодження ізоляції кабеля живлення, недотримання правил експлуатації обладнання	Ураження струмом
2	Рольганг	Привід	Пошкодження ізоляції кабеля живлення.	Ураження струмом

Таблиця 8.11 - Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальний струм	>2 А	0,25 А
		380 В	45 В

Для зниження ймовірності настання небезпечної ситуації, необхідно дотримуватись заходів безпеки, які наведені в таблиці 10.

Таблиця 8.12 - Засоби захисту від електротравм

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	захисні заземлення електричного устаткування, використання антистатичного покриття	Уникнення пробоя, витоків струму уникнення контакту з частинами що під напругою
2	Організаційні	інструктаж з правил електробезпеки; забезпечення засобами індивідуального захисту	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
4	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом

8.2.1.4 Хімічні джерела небезпечних та шкідливих виробничих факторів (гази, пил, аерозолі) на формувальній ділянці.

Таблиця 8.13 - Хімічні джерела небезпек

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Вибивна решітка	Пилоутворення	Утворення великої кількості пилу та його вдихання	Ризик виникнення ряду хвороби та алергій
2	Залиті форми	Утворені гази при заливанні	Вдихання газів	Ризик виникнення ряду хвороб

Таблиця 8.14 - Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Запилення кімнати	2 мг/м ³	1 мг/м ³

Таблиця 8.15 - Засоби захисту

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Встановлюють місцеву вентиляцію у вигляді витяжних зонтів,	Усунення утвореного пилу під час тех. процесу
2	Організаційні	інструктаж з правил безпеки; забезпечення засобами індивідуального захисту	Доступність знань щодо безпеки експлуатації
3	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів вентиляційної системи	Забезпечення постійної роботи вентиляції
4	Засоби індивідуального захисту	Респіратори та маски БУК 1К, захисний одяг ТК-400	Запобігання отруєнню та опіків

Висновки

При виконанні дипломного проекту розроблено технологічний процес виготовлення виливка «Кронштейн лівий». Для виготовлення виливка обрано спосіб лиття у піщано-глинясті форми по сирому з використанням машинної формовки.

Спроековано формувально-складально-заливально-вибивальне відділення ливарного цеху, яке забезпечує оптимальну роботу для виготовлення річної програми.

Розраховано основні робочі та конструктивні параметри формувальної машини та виконано її робоче креслення.

Виконано економічні розрахунки, які підтверджують доцільність роботи відділення та обраного устаткування.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Хоменко					98	99
Перевір.		Лютій Р В						
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затверд.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко [та ін.]. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 588 с.
2. Макаревич О.П. та ін. Виробництво виливків із спеціальних сталей / О.П. Макаревич, Г.Є. Федоров, Є.О. Платонов. — К.: Видавництво НТУУ „КПІ“, 2005. — 712 с.
3. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньокваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр».. Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво /Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропошнів, М.М. Ямшинський. — К.: «Політехніка», 2011. — 67с.
4. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов конспект лекцій./ Баранов В.Н. Саначева Г.С. Падалка В.А. Губанов И.Ю. Степанова Т.Н. 2008. — 222 с.
5. <http://vsegost.com/Catalog/37/37653.shtml>
6. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. Изд. 2 – е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977, – 510с.
7. Аксенов П.Н., Орлов Г.М., Благонравов Б.П. Машины литейного производства. Атлас конструкций. – М.: Машиностроение, 1972, – 152 с.
8. Матвеев И.В., Исагулов А.З. Формовочное и стержневое оборудование литейных цехов. – Караганда: КарГТУ, 2004. – 215 с.
9. Матвеев И. В., Тарский В. Л. Оборудование литейных цехов. Изд. 2 – е, перераб. и доп. –М.: Машиностроение, 1985, – 392 с.
10. Сперанский Б. С., Туманский Б. Ф. Охрана окружающей среды в литейном производстве. – Киев: Высшая школа. 1985. – 80 с
11. <http://delta-grup.ru/bibliot/22/108.htm>
- 12.Формовочные материалы и технология литейной формы: Справочник / Под общей ред. С.С. Жуковского. – Машиностроение, 1993. – 432с.

					ФЛп71.7105.1110.0000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Література	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Хоменко						
Перевір.		Лютій Р В					99	99
Н. Контр.		Федоров Г.Є.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		
Затверд.								